



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Dialogværktøj

Cirkulær værdiskabelse i den eksisterende bygningsmasse

Birgisdottir, Harpa; Kanafani, Kai; Zimmermann, Regitze Kjær; Andersen, Camilla Marlene Ernst; Hatic, Damir; Elmbæk, Malene; Kamper, Maria; Falbe-Hansen, Mette; Sack-Nielsen, Torsten

Publication date:
2019

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Birgisdottir, H., Kanafani, K., Zimmermann, R. K., Andersen, C. M. E., Hatic, D., Elmbæk, M., Kamper, M., Falbe-Hansen, M., & Sack-Nielsen, T. (2019). *Dialogværktøj: Cirkulær værdiskabelse i den eksisterende bygningsmasse*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

CIRCULARITY

Dialogværktøj

cirkulær værdiskabelse
i den eksisterende bygningsmasse



Partnere

VIA University College, Center for Byggeri, Energi, Vand og Klima:

Damir Hatic
Malene Elmbæk
Maria Gaardsted Kamper
Mette Falbe-Hansen
Torsten Sack-Nielsen

SBI, Statens Byggeforskningsinstitut:

Harpa Birgisdóttir
Kai Kanafani
Regitze Kjær Zimmermann
Camilla Ernst Andersen

I Circularity City projektet samles de virksomheder og kommuner i Region Midtjylland, der vil gå forrest og vise, hvordan vi kan bygge cirkulære byer. Der kan læses mere om Circularity City ved at besøge www.circularitycity.dk.

Bag Circularity City står følgende konsortier af partnere med ekspertise inden for cirkulær økonomi, byggeri og byudvikling:



Alle billeder, grafik, skitser og alt udarbejdet projektmateriale er udarbejdet af projektgruppen, hvis ikke andet er nævnt.

Forord

Dialogværktøjet til cirkulær renovering er udviklet i samarbejde mellem VIA University College og SBI, under projektet Circularity City. Projektet er støttet af Regional Vækstforum i Region Midtjylland.

Værktøjet er udarbejdet som en hjælp og inspiration til byggebranchens aktører for at lette en omstillingsproces til cirkulære tankegange, når byggerier projekteres og renoveres.

Dialogværktøjet forventes at kunne bidrage til en kvalificeret dialog, og til at flere beslutninger kommer til at understøtte en cirkulær tankegang.

Udgivet 2019



“

**Dialogværktøjet kan skærpe
bygherrens og rådgiverens øje for
værdier i eksisterende bygninger.**

”

– Lars Bak
Afdelingsleder, Teknik og Miljø
Skanderborg kommune

Indhold

Intro.....	5
Cirkulær økonomi.....	8
Bygninger som materialebank.....	10
Livscyklusvurdering (LCA).....	12
 Dialogværktøjet.....	 14
Trin 1: Kan bygningen bevares i sin helhed?.....	17
Trin 2: Kan bygningsdele og materialer bevares?.....	29
Trin 3: Kan ressourcerne matches?.....	33
Oversigt.....	36
 Katalog over cirkulære løsninger.....	 39
Eksempelbygning.....	40
Eksempler på bygningsdele.....	42
Eksempler på materialer.....	52
 Inspirationsliste.....	 77



Intro

Denne vejledning er udarbejdet som et værktøj til bygherrer, arkitekter, bygningskonstruktører, entreprenører, ingeniører og andre aktører, som ønsker at arbejde med cirkulær værdiskabelse i den eksisterende bygningsmasse.

Vejledningen er et dialogværktøj, som faciliterer et forløb, hvor ressourcerne i et eksisterende byggeri kortlægges fra bygningsniveau til materialeniveau. Gennem en innovativ proces findes de mest værdifulde løsninger til ressourcernes genbrug og genanvendelse.

Vejledningen beskriver processerne for planlægning og gennemførelse af forløbet, hvilket er en del af projekteringen fra byggeprogram til udførelse.

Dialogværktøjet indføres som trin i byggeriets gængse faser, således der skabes rum for at se på cirkulære potentialer i en eksisterende bygning.

I denne publikation er begrebet 'ressource' afgrænset til at omhandle materialer og bygningsdele fra den eksisterende bygningsmasse. Begrebet 'ressource' følger 'ressourcekortlægningen' som ligger forud for processen med dialogen om mulighederne for cirkulær økonomi. Eksemplerne i publikationen er vurderet ud fra miljøhensyn, hvor der ses bort fra øvrige kriterier.

Trin 1



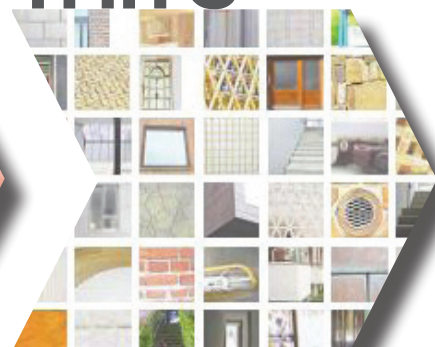
Bygning som helhed

Trin 2



Bygningsdele og materialer

Trin 3



Matching

Cirkulær økonomi

Cirkulær økonomi er et koncept, hvor ingen ressourcer går tabt. Ressourcerne bruges igen og igen, der er ingen skadelige indholdsstoffer, og produktionen er baseret på vedvarende energi.

Principperne bag cirkulær økonomi er relativt enkle, men kan være svære at omsætte i praksis, eftersom konceptet skal indtænkes på flere niveauer; fx internationalt, statsligt, på virksomhedsniveau og på et personligt niveau.

Konceptet bygger på tre principper:

1. At beskytte og forbedre naturkapital.
2. At optimere ressourceudnyttelse ved at cirkulere ressourcer.
3. At fostre systemeffektivitet ved at minimere de negative følgevirkninger.

Denne cirkulære tankegang er illustreret via Ellen MacArthur Foundations "Sommerfuglemodel". Modellen illustrerer, hvordan materialer og produkter kan reintegreres i brugbare cirkler, og på den måde beholdes eller skabes nye værdier. Spild af ressourcer mindskes eller undgås helt, og det, som ville have været affald, bliver til en ny ressource.

Et typisk renoveringsprojekt berører naturligt de fleste cirkler, som er vist i modellens højre side (Technical Materials).

Inderste og første cirkel illustrerer, hvordan en bygnings levetid forlænges ved, at bygningen vedligeholdes, repareres, opgraderes og istandsættes, hvilket sikrer bygningens fortsatte anvendelse. Den anden cirkel angiver, at anvendelsen eventuelt kan være med ændret formål. At en bygning bevares så intakt som muligt vil givetvis skabe den største værdi.

Eventuelle nedtagne, intakte og rene materialer og

bygningsdele kan forberedes til genanvendelse og genbrug i andre sammenhænge, hvilket illustreres af tredje cirkel. Fjerde og sidste cirkel viser, at materialer og bygningsdele, som har udtjent deres oprindelige funktion, for eksempel kan knuses og bruges i produktion af nye materialer.

Ovenstående beskrivelse passer på mange renoveringsprojekter, og de kan derfor alle med lidt held beskrives som værende cirkulære renoveringer.

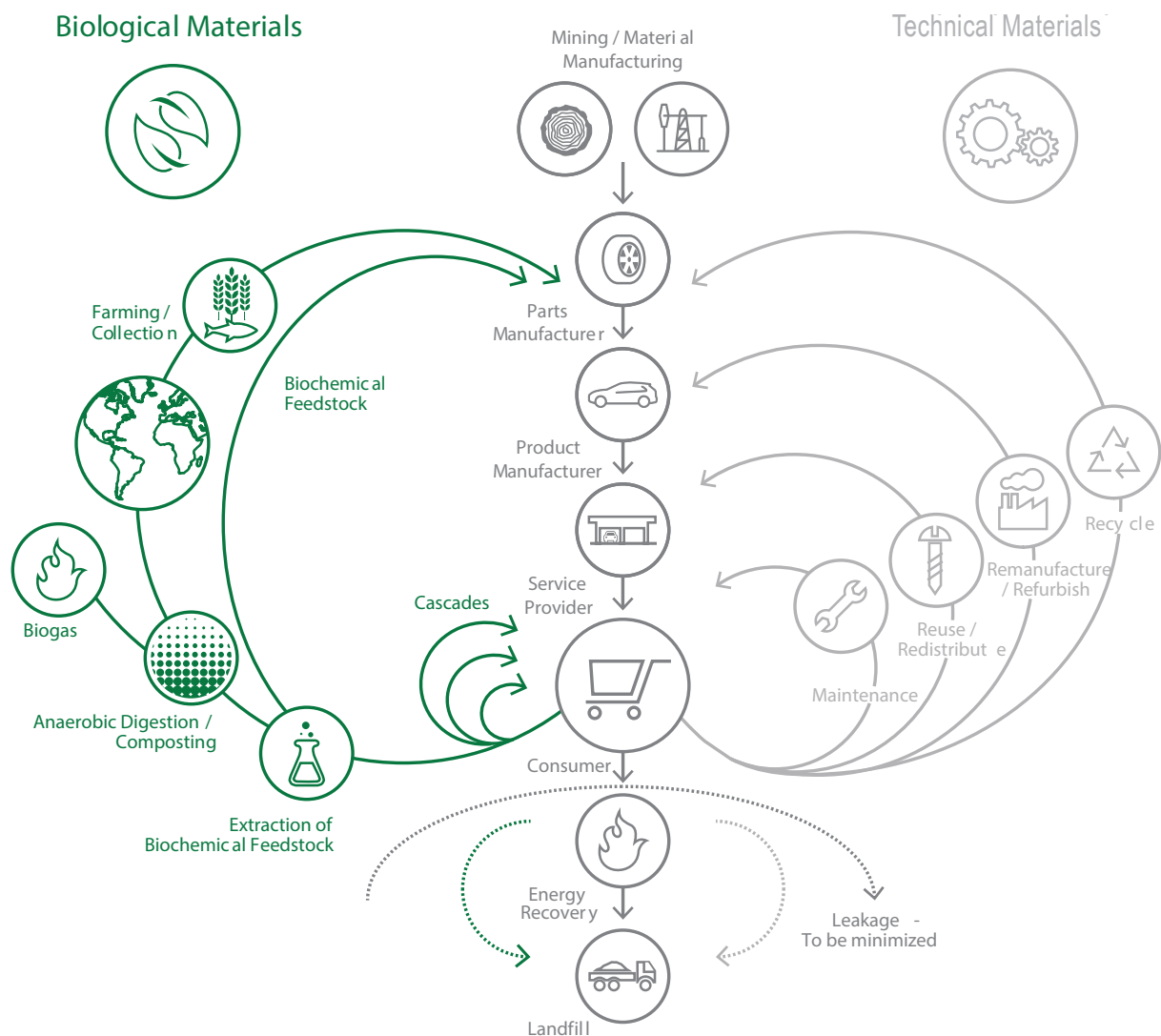
Man kan overveje, om den højest mulige værdi opnås ved at anvende en traditionel renoveringstilgang. Vil der kunne findes højere værdi i et projekt, hvis projektet havde fokus på cirkulær værdiskabelse helt fra starten?

Det er vigtigt at bemærke, hvem pilene i modellen peger på. I et renoveringsprojekt peger pilen fra den inderste cirkel på brugeren. Pilen i den anden cirkel peger på bygherren/udlejer. Pilene fra tredje og fjerde cirkel peger på producenter af henholdsvis produkter og materialer.

Cirkulær økonomi lægger op til holistisk arbejde med hele værdikæder. For at udnytte ressourcerne bedst muligt er det vigtigt, at hele værdikæden indtænkes så tidligt som muligt i et projekt for at sikre, at de beslutninger, som tages, er rigtige i forhold til alle aktører.

Fokus bør altså være på cirkulær økonomi og cirkulær renovering i hele forløbet af et projekt, så der ikke bare opnås tilfældige cirkulære værdier.

Cirkulær økonomi er et industrisystem, der har til formål at være genoprettende og regenererende igennem design, ændret adfærd og nye og innovative forretningsmodeller.



Sommerfuglemodellen
(frit fortolket af GXN fra ellenmacarthurfoundation.org)

Bygninger som materialebank

Flere steder i landet nedrives tomme bygninger, andre steder opføres nye bygninger. At anvende nedbrydningsmodne bygninger som materialebank vil reducere ressourceaftrykket ved nybyggeri.

Både økonomisk og miljømæssigt er byggematerialer omkostningstunge, der er således et potentiale i at kortlægge materialemængder i nedrivningsmodent byggeri. Med en ressourcekortlægning udført ved hjælp af dette dialogværktøj, kortlægges ressourcerne ud fra en holistisk betragtning, hvor både selve bygningen, bygningsdelene og materialerne vurderes for at finde de højeste cirkulære værdier.

For at få størst mulig værdi ud af ressourcerne i en eksisterende bygning, bør disse ressourcer først og fremmest bevares i bygningen. Det kan give større cirkulær værdi at renovere en eksisterende bygning end at rive den ned og genanvende materialerne.

En ressourcekortlægning bør således tage udgangspunkt i det niveau, der giver potentielt størst værdi; altså at bevare bygningen og at vedligeholde/renovere, frem for at rive ned og dernæst genbruge eller genanvende.

Målet med dialogværktøjet er at skabe projekter, som potentielt overflødigør bortskaffelse ved at fremhæve cirkulære værdier. Med udgangspunkt i affaldshierarkiet søges i dialogværktøjets trin 1, at forbygge affald ved at ressourcerne beholdes intakte og eventuelt repareres og opgraderes.

I tilfælde af at en bygning vælges klargjort til nedrivning, guider dialogværktøjets trin 2 dernæst til at forberede ressourcer til genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse, ved at ressourcernes potentialer kortlægges og registreres. En ressourcekortlægning udføres

som en kortlægning af de materialer, der er i bygningen, med fokus på senere genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse, i nævnte rækkefølge. En øget værdiskabelse opnås ved at rette opmærksomhed mod affaldshierarkiets niveauer.

Til sidst i dialogværktøjets trin 3 søges ressourcerne matchet til andre projekter og/eller virksomheder

Affaldshierarkiets begreber er:

Affaldsforebyggelse

Tiltag der reducerer mængden af affald, eksempelvis ved at forlænge materialernes levetid.

Forberedelse til genbrug

Materialer genbruges, eksempelvis gamle mursten og betonelementer, der genbruges i samme form.

Genanvendelse

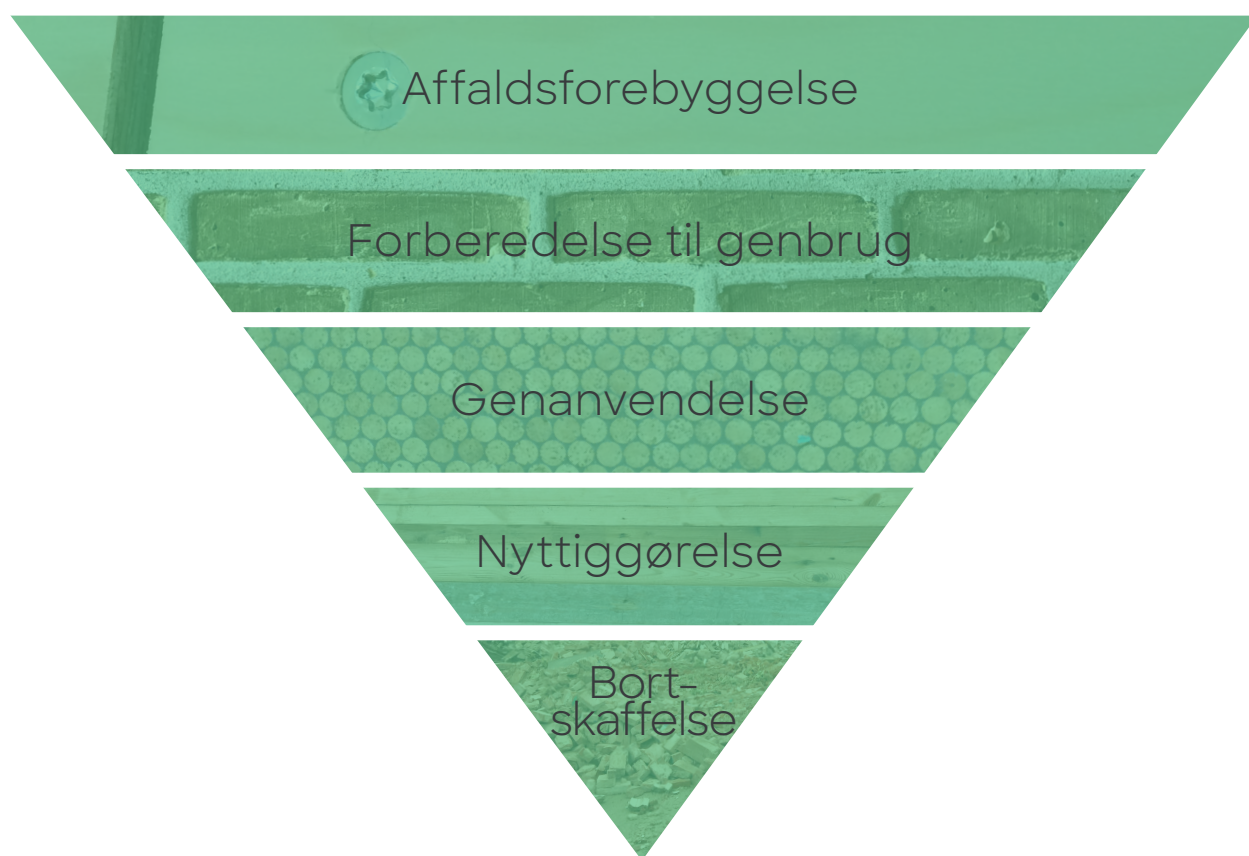
Materialer genanvendes til produktion af nye materialer, for eksempel kan gipsplader indgå i produktion af nye gipsplader, eller beton kan indgå i produktion af ny beton.

Nyttiggørelse

Træ kan eksempelvis forbrændes og dermed nyttiggøres til energiudnyttelse, eller beton kan nyttiggøres ved knusning og anvendes til vejfyld.

Bortskaffelse

Materialer bortskaffes til destruktion eller deponi.



Affaldshierarkiets begreber
(frit fortolket fra Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, vcob.dk)

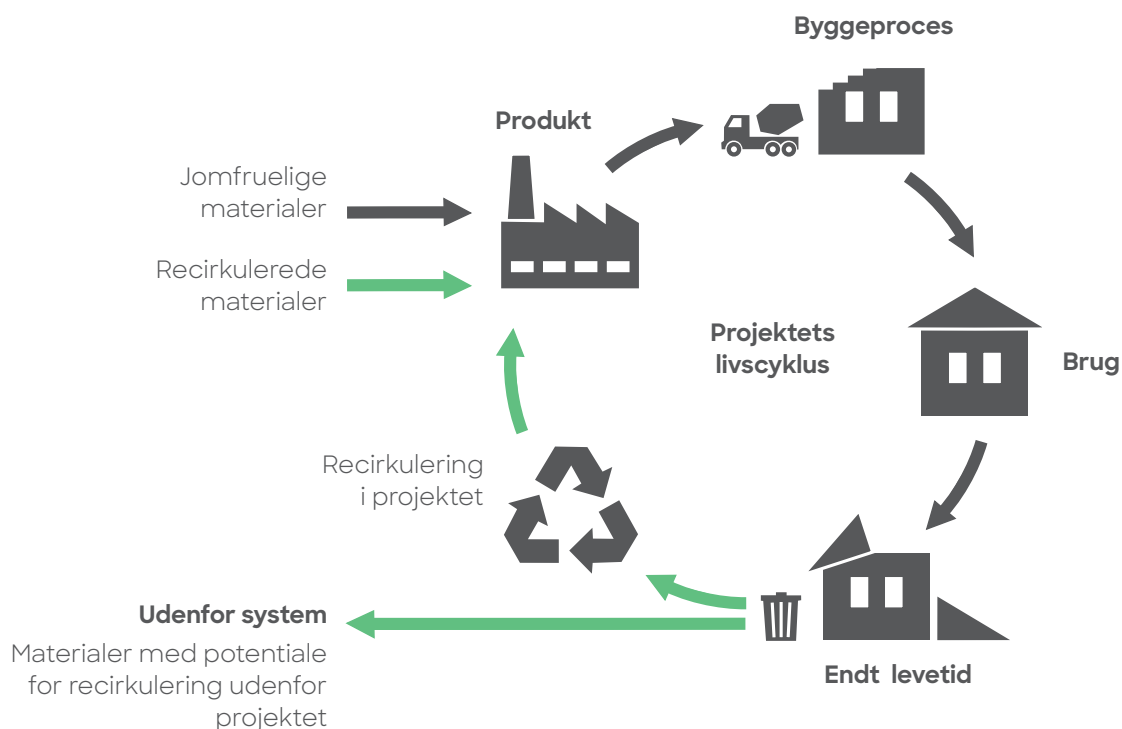
LCA af cirkulære løsninger

I stedet for kun at se på energiforbrug til bygningsdrift betragter en livscyklusvurdering (LCA) hele bygningens livscyklus fra vugge til grav. Det inkluderer miljøpåvirkninger og ressourceforbrug relateret til materialer, som kan reduceres ved cirkulære løsninger.

LCA i denne publikation

Afsnittet "Katalog over cirkulære løsninger" illustrerer, hvordan LCA kan anvendes som metode til beregning af klimabelastning for mulige fremtidsscenarier af eksisterende bygninger. Der sammenlignes klimabelastning af tre scenarier: Bevaring, ombygning og nedrivning/nybyggeri af en eksempelbygning. Klimabelastningen vises både for brug af konventionelle løsninger og for brug af cirkulære løsninger.

Resultaterne for eksempelbygningen i sin helhed vises i den første del. Herefter gennemgås resultaterne for bygningsdelene enkeltvis. Afslutningsvis præsenteres en række cirkulære løsninger, herunder dem, der er anvendt i eksempelbygningen. Løsningerne vurderes efter kriterierne Klimabelastning, Cirkularitet, Kredsløbspotentiale og Modenhed.



Bygningens livscyklus (SBI 2019)

Klimabelastning

LCA-resultater angives indenfor én eller flere indikatorer for miljøpåvirkninger og ressourceforbrug.

I denne publikation har det kun været muligt at medtage klimabelastningen for at vurdere og præsentere de cirkulære løsningers miljøpotentiale. Denne simplificering er det første skridt mod at synliggøre cirkulære løsningers miljøpotentiale. I denne omgang har det ikke været muligt også at betragte andre parametre, som fx udtømning af ressourcer, som er af central betydning for vurderingen af bygninger som materialebank. Det vil være det næste vigtige skridt i udviklingen af vurdering af cirkulære løsninger i byggeriet.

Klimabelastningen måles i enheden kg CO₂-ækvivalenter og beskriver den potentielle globale opvarmning forårsaget af øget koncentration af drivhusgasser i atmosfæren. Hvis der lagres mere CO₂, end der udledes, er resultatet for klimapåvirkning et negativt tal.

Bygningens livscyklus

Livscyklussen betragtes som et antal faser (se illustration på venstre side). Typisk medtages der materialers produktion, bygningsdelenes udskiftninger, affaldsprocesser og driftsenergi.

Bygningens samlede klimabelastning er summen af livscyklusfaserne set over en betragtningsperiode på 50 år.

Cirkulære løsninger

Klimabelastningen af eksempelbygning og bygningsdele er delt op i konventionel og cirkulær byggeteknik for at anskueliggøre effekten af forskellige tilgange.

Nogle af de cirkulære løsninger er kendte afprøvede produkter, mens andre er mere eksperimenterende og inspireret af de seneste års aktiviteter på området.

SBi har beregnet resultaterne baseret på markedsanalyser og data fra Ecoinvent og ÖkobaDat. Beregninger og antagelser bliver udgivet som SBi-rapport 2019:08. Resultaterne kan ikke overføres til konkrete projekter med andre forudsætninger.

Mere om LCA og definitioner

- Introduktion til LCA på bygninger. SBi, 2015
- LCA i tidlig bygningsdesign: Introduktion til metoden og eksempler på miljøprofiler. SBi, 2019
- LCAbyg.dk (gratis beregningsværktøj)

Dialogværktøjet

I dette dialogværktøj kortlægges de eksisterende bygningsressourcer med cirkulær økonomi i tankerne, for på den måde at finde de størst mulige miljømæssige, økonomiske og sociale fordele ved renoveringer.

Som bidrag til den stigende interesse for konceptet *Cirkulær Økonomi* har vi udviklet et relativt simpelt dialogværktøj for at hjælpe aktørerne til at træffe "cirkulære" beslutninger i renoveringsprojekter.

Dialogværktøjet stiller deltagerne i et byggeprojekt en række spørgsmål og opridser nogle dilemmaer, som alle skal håndteres. På denne måde får deltagerne et skærpet syn på ressourcerne i eksisterende bygninger; ressourcer, som ellers kunne være tabt.

Nogle af de foreslåede aktiviteter i værktøjet vil opleves som kendte, mens andre forslag forhåbentlig vil udfordre velkendt praksis. Brugere af værktøjet kan selv tilføje flere aktiviteter efter behov i takt med, at dialogværktøjet implementeres som en del af praksis i forbindelse med projektering af byggeprojekter.

Flere af de beskrevne aktiviteter kan opleves som nye indsatser, som umiddelbart medfører ekstra omkostninger. Vores forhåbning er, at disse nye omkostninger vil kunne dækkes ind af de hidtil skjulte værdier og ressourcer, som med traditionelle processer ville været gået tabt.

Succesgraden ved indførelse af nye processer er stærkt afhængig af deltagernes forudsætninger, faciliteringen af processen og det faglige input samt – ikke mindst – bygherrens ambitionsniveau.

De eksisterende bygningsressourcer, bør behandles således, at de giver størst mulig værdi. Affaldshierarkiet prioriterer genbrug før genanvendelse, og genanvendelse før nyttiggørelse. Kan vi derfor bevare vores eksisterende bygningsmasse via renoveringer frem for at nedrive, kommer vi tættere på en værdiskabende cirkulær økonomi.

Dialogværktøjet initierer en proces, hvor værdierne søges først på bygningsniveau, dernæst på bygningsdelsniveau og sidst på materialeniveau. Kan en bygning ikke bevares i sin helhed, bør de ressourcer der fremkommer ved nedbrydning, planlægges genbrugt og genanvendt efter højeste niveau i affaldshierarkiet.

Dette værktøj skal skabe rum og mulighed for at se på cirkulære potentialer i eksisterende byggeri. Denne proces gennemføres via tre trin, som implementeres i byggeriets faser. Trinene påvirker hinandens muligheder og potentialer, og kan derfor tænkes i en iterativ proces.

Trin 1



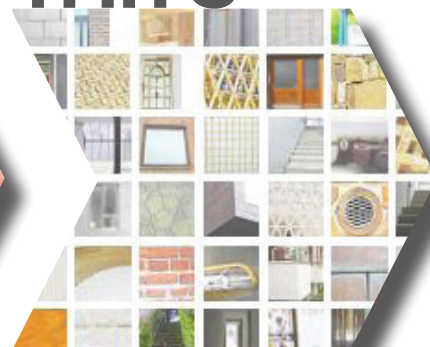
Bygning som helhed

Trin 2



Bygningsdele og materialer

Trin 3



Matchning

Trin 1 gennemføres i den tidlige programfase, således resultatet kan integreres i byggeprogrammet.

Trin 2 gennemføres i den tidlige projekteringsfase, for at sikre størst muligt omfang af cirkulære løsninger.

Trin 3 gennemføres i projekterings- og udførelsesfasen. For at opnå størst værdiskabelse kan det undersøges tidligt i programfasen om der er øvrige igangværende projekter med potentiale for matchning.



Trin 1:

Kan bygningen bevares i sin helhed?

Formål

Formålet med trin 1 er at hjælpe bygherren med at generere og kvalificere idéer til cirkulære løsninger som inspiration til et byggeprogram.

Dialogmødet har form som en workshop. Inden dialogmødet vælges en facilitator, som kan stå for planlægningen samt gennemførelsen af dialogmødet.

Fremgangsmåde

Der udarbejdes en undersøgelse som en kombination af kortlægning, dialogmøde, beskrivelser og skitsering.

Facilitatoren kan drive processen ved at bruge spørgsmålskortene på de følgende sider. Facilitatoren skal have overblik over de to arbejdssemner **b** og **c** og have indsamlet de informationer, som det kræver for at afholde dialogmødet.

Denne undersøgelse inddeles i følgende arbejdssemner:

- a** – Hvad har vi? (registrering)
- b** – Hvad kan vi gøre? (dialogmøde)
- c** – Hvad gør vi? (dialogmøde)
- d** – Hvordan gør vi det? (byggeprogram)

Resultat

Efter gennemgang af ovennævnte arbejdssemner er der skabt et overblik over, hvilke dele af bygningen der ønskes bevaret,

Eksempel: Skolebygning fra 1950'erne

Klimabelastning af bygningen

En livscyklusvurdering (LCA) kan vise CO₂-aftrykket for forskellige scenarier, her: Bevaring, Ombygning og Nybyggeri.

Eksemplet viser to forskellige tendenser: Energiforbruget er højest ved den eksisterende skole og kan reduceres ved en dybtgående renovering eller ved nybyggeri. Omvendt er CO₂-aftrykket for materialer højest for nybyggeri og lavest ved bevaring set over betragtningsperioden på 50 år.

Klimabelastningen for materialer kan nedbringes ved at anvende cirkulære løsninger, som er beskrevet i publikationens LCA-afsnit.

Bevaring



Ombygning



Nybyggeri



Enhed: kg CO₂ ækvivalenter pr. m² pr. 50 år

CO₂-aftryk

1a - Hvad har vi?

Der foretages en **registrering** ved at indsamle faktuelle informationer om bygningen og området.

Kommunens byggeafdeling kontaktes med henblik på registrering af bygningens årstal, størrelse, type, stil, konstruktioner, miljøkortlægning, tilstand mm.

Hvis kommunen ikke har alle oplysningerne om bygningen, kan det være en hjælp at se på hjemmesiden danskebygningsmodeller.dk. Her kan man se digitale bygningsmodeller og finde informationer om bygningskonstruktioner fra fem forskellige tidsperioder.

Fremtidige planer for området kortlægges inklusiv behov for udvikling i forhold til igangværende og (nær-)fremtidige projekter. Lokalplanen for området bør inddrages. Endvidere undersøges øvrige igangværende projekter med potentiale for matchning.



1b - Hvad kan vi gøre?

Der afholdes et **dialogmøde**, hvor deltagerne præsenteres for principperne for cirkulær økonomi. Deltagere til dialogmødet kunne være bygherre, kommune, rådgivere, entreprenører, naboer, sociologer mm.

Ved dialogmødet afklares mulighederne for projektet samt det mest ambitiøse niveau i forhold til cirkularitet, for eksempel bevarelse af eksisterende anvendelsesformål, ændring af anvendelse på grund af fremtidige planer eller noget helt andet.

Ved dialogmødet anvendes faciliterende spørgsmål:

- Opvarmningsspørgsmål
- Om cirkulær økonomi
- Idégenerering





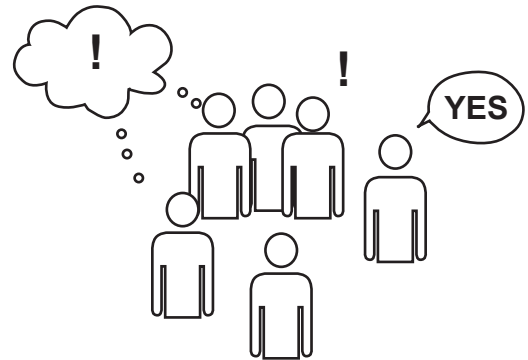
1c - Hvad gør vi?

Der afholdes yderligere et **dialogmøde** for at vurdere mulighederne fundet i 1.b.

Her er det vigtigt at ambitionsniveauet er klart og tydeligt formuleret.

Ved dialogmødet anvendes faciliterende spørgsmål:

- Idékvalificering



1d - Hvordan gør vi det?

På baggrund af de indsamlede faktuelle informationer om bygningen samt resultaterne af dialogmødet, kan der udarbejdes skitser og beskrivelser som udkast til et **byggeprogram**.

Skitser og beskrivelser skal skabe overblik over:

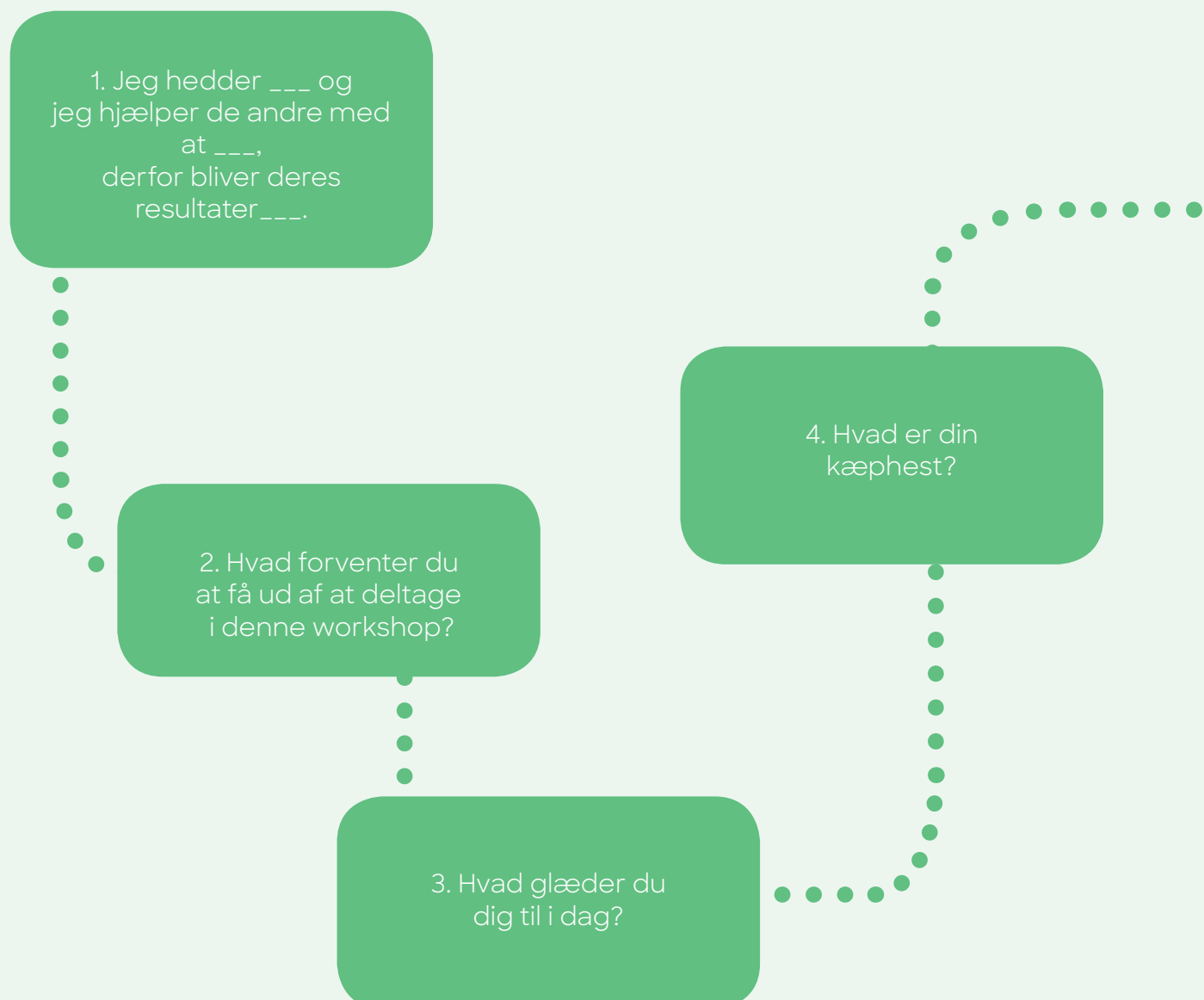
- Anvendelsesformålet med bygningen
- Hvilke dele af bygningen der bevares
- Hvilke dele der ønskes revet ned





Opvarmningsspørgsmål

Formålet med disse spørgsmål er, at alle deltagere får indblik i hinandens profession, ansvarsområder med videre, og at der opbygges relationer til hinanden.



Om cirkulær økonomi

Formålet med disse spørgsmål er at deltagerne trækker på tidligere erfaringer, reflekterer, tolker og eventuelt begynder at få fælles forståelse for begrebet cirkulær økonomi. Derudover må deltagerne gerne begynde at relatere til tidligere erfaringer og oplevelser, og se dem i nye sammenhænge.

5. Kan I komme i tanke om et projekt, på baggrund af oplægget, hvor I havde cirkulære løsninger i projektet? Hvis ja, beskriv eksemplerne. Hvorfor tror I, at I valgte de løsninger? Hvilke barrierer oplevede I?

6. Kan I komme i tanke om et projekt, hvor der havde været mulighed for cirkulære løsninger, men som ikke blev til noget? Hvorfor blev det ikke til noget? Hvad betyder det for dig, at det ikke blev til noget? Hvad kunne man have gjort anderledes?

7. På baggrund af diskussionen om CØ, hvad forstår I bedre nu, og hvad mangler I at diskutere yderligere?

8. Hvordan kan du bringe cirkulære ideer i spil ud fra din position?

Trin 1



Notér små stikord fra jeres svar i en tabel og afslut runden med en kort opsummering af de vigtigste pointer:

- Idéer
- Barrierer / udfordringer
- Muligheder

10. Beskriv to cirkulære idéer på baggrund af et af jeres tidligere projekter. Én som ville kunne have været implementeret. Og én som ville have udfordret projektet.

11. Kan I komme i tanke om andre projekter med gode cirkulære løsninger? (projekter som I ikke selv har været en del af)

9. Kan I se hvilke udfordringer der er vigtige at italesætte tidligt i processen?

12. Hvad er ambitionsniveauet for CØ i projektet?

Idégenerering

Formålet med disse spørgsmål er, at deltagerne finder frem til idéer og mulige løsninger, som vil kunne skabe værdi i det konkrete projekt. Det der er vigtigt i denne runde er, at alle får god tid til at fortælle om deres tanker, og at diskussionen er saglig og faglig.

14. Alle deltagere skal finde på to "vilde" cirkulære værdier, som med sikkerhed ikke kan lade sig gøre i dette projekt, og forklare hvorfor de ikke kan lade sig gøre?

Joker: Beskriv hvordan de cirkulære værdier vil kunne lade sig gøre alligevel.

13. Deltagere finder i samarbejde fem vigtige faktorer, der har indflydelse på beslutningen om, hvorvidt denne bygning skal beholdes og renoveres eller nedrives?

15. Beskriv i samarbejde fem idéer med udfordrende muligheder, der dog alligevel kan blive en realitet.



Undgå at kritisere idéerne i denne runde, men deltag med en så kaldt "JA-hat". Ideerne udvælges senere. Vælg en skribent. Noter idéerne ned i forhold til:

- potentielle muligheder
- udvalgte muligheder

16. Beskriv i samarbejde to idéer som er realistiske og kan lade sig gøre uden nogen større udfordringer.

19. Skab et overblik over alle idéer (både dem som kan og som ikke kan realiseres).

Giv dem en overskrift og evt. et tema (f.eks. "nedrivning" "renovering" "ændring af anvendelse" osv.)

17. Udvælg tre hovedudfordringer ud fra alle jeres idéer. Diskuter de udvalgte udfordringer og hvordan de kan løses.

18. Hvad er formålet med, at cirkulær økonomi ønskes tænkt ind i projektet?

Idékvalificering

Formålet med disse spørgsmål er, at deltagerne kvalificerer idéerne set i forhold til det valgte ambitionsniveau for CØ i projektet. Dette er input til et kommende byggeprogram. I denne runde skal udføres en SWOT-analyse, hvor følgende overvejes: Strengths, Weaknesses, Opportunities og Threats (styrker, svagheder, muligheder og trusler). Dette er et enkelt og et effektivt redskab, som I kan anvende til at

20. Genopfrisk ambitionsniveauet for cirkulær økonomi i projektet.

21. Fortag en SWOT-analyse af alle idéerne fra idégenereringen. Inkluder gerne emner som lovgivning, teknologi, byggeteknik, økonomi, politik osv. i jeres analyse.
Udvælg idéer til videre behandling i projektet og notér dem ned.

22. Diskuter betydningen af SWOT-analysen.

Trin 1



analysere, hvordan idéerne passer til projektet.

Notér følgende i en tabel:

- de kvalificerede idéer
- de tilhørende konklusioner fra SWOT-analysen
- de idéer som understøtter ambitionsniveauet bedst

23. Hvilke idéer understøtter bedst ambitionsniveauet? Uanset om de umiddelbart kan lade sig gøre eller ikke.

25. Visualiser idéerne. Hvordan forstiller I jer at resultatet ser ud. Søg efter lignede projekter og brug eventuelt billeder til at illustrere.

24. Hvad forstår vi bedre nu? Hvad mangler vi at diskutere yderligere?



Trin 2:

Kan bygningsdele og materialer bevares?

Formål

Byggeprogrammet har defineret ambitionsniveauet for cirkulære løsninger i projektet. I trin 2 ser vi på, hvorledes ambitionsniveauet kan omsættes i praksis. Er der for eksempel en del af bygningen, der skal nedrives, ønskes denne genbrugt i størst muligt omfang. Formålet med trin 2 er at identificere så mange bygningsdele og materialer som muligt, der kan genbruges i renoveringsprojektet.

Fremgangsmåde

Der udarbejdes en ressourcekortlægning. Dernæst afholdes et projektmøde, hvor flere forskellige fagligheder indkaldes. På mødet findes alle de muligheder, der er for genbrug/genanvendelse/nyttiggørelse af ressourcerne i projektet. Forinden dette projektmøde, er der udarbejdet de første skitser af den nye bygning/ af renoveringen, så resultatet fra dette trin kan indarbejdes i projekteringen. Der findes muligheder og der besluttet, hvilke ressourcer

der ønskes anvendt, hvilke ressourcer der kan sælges videre, samt hvilke ressourcer der mangler og kan forsøges matchet fra andre byggeprojekter.

Resultat

- En ressourcekortlægning som er en oversigt over alle de bygningsdele og materialer, der er til rådighed til genbrug/genanvendelse/nyttiggørelse i projektet eller andre projekter, når bygningen nedbrydes.
- Et dokument med mulighederne, der er for at genbruge bygningsdelene og materialerne i projektet.

Beslutninger

- En oversigt over ressourcer, der ønskes anvendt i bygningen
- En oversigt over ressourcer, der kan sælges videre
- En oversigt over ressourcer, der mangler, og som kan forsøges matchet fra andre byggeprojekter.

Eksempel: Skolebygning fra 1950'erne

Klimabelastning af ydervæggen

En livscyklusvurdering (LCA) kan vise CO₂-aftrykket for forskellige bygningsscenarier, fx Bevaring, Ombygning og Nybyggeri.

Hvert scenarie kan yderligere deles op i konventionelt og cirkulært materialebrug.

I dette eksempel for skolens ydervæg er CO₂-aftrykket for materialer ved nybyggeri højest (hvid bjælke), men kan nedbringes ved en cirkulær tilgang, fx med genbrugte betonelementer. Den eksisterende murede ydervæg har derimod en meget lav klimabelastning. Se også beskrivelsen af skolens bygningsdele i anden del af publikationen.

Bevaring

- ☐ Konventionel
- ☐ Cirkulær

Ombygning



Nybyggeri



Enhed: kg CO₂ ækvivalenter pr. m² pr. 50 år

CO₂-aftryk

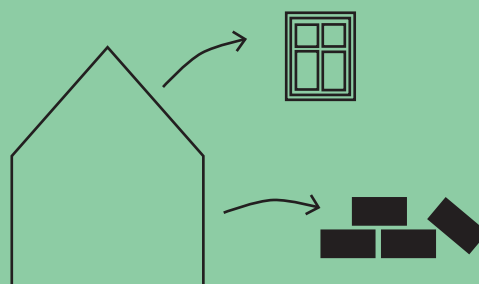
2a - Hvad har vi?

Det undersøges, hvilke bygningsdele der er til rådighed i den eksisterende bygning. Scenariet kan være, at dele af bygningen bevares, og dele skal nedrives.

Fra den del af bygningen, der nedrives, søges så mange bygningsdele og materialer som muligt genbrugt i andre sammenhænge, og ressourcerne registreres i en ressourcekortlægning.

Miljøstyrelsens rapport "Ressourcekortlægning af bygninger, Miljøprojekt nr. 2006, April 2018" kan med fordel anvendes som guideline.

Som resultat udarbejdes en **ressourcekortlægning**.



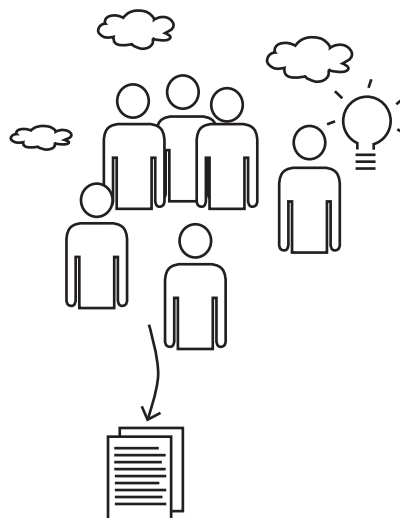
2b - Hvad kan vi gøre?

Mulighederne for anvendelse af bygningsdelene og materialerne i projektet undersøges. Med afsæt i ressourcekortlægningen, findes mulige løsninger på genbrug af ressourcerne i projektet.

Der indkaldes til et projektmøde, hvor så mange fagligheder som muligt er repræsenteret. Gennem idé-generering oplistes mulighederne for genbrug/genanvendelse/nyttiggørelse af så mange ressourcer som muligt.

Det skitserede projekt vil muligvis kræve revidering, efter at der er set på muligheder for genbrug og genanvendelse af bygningsdelene.

Der udarbejdes et **dokument med mulighederne**.





2c - Hvad gør vi?

Når de bygningsdele og materialer, der er til rådighed, er kortlagt (ressourcekortlægningen), og der er udarbejdet et dokument med muligheder for, hvad der kan gøres, skal der tages beslutninger.

Der tages beslutninger for, hvilke af de eksisterende bygningsdele og materialer, der ønskes anvendt i bygningen. En **oversigt** udarbejdes.

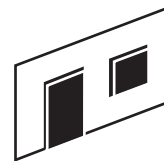
De resterende bygningsdele og materialer kan sælges videre. Der genereres en **oversigt** over disse, for at lette arbejdet med matchning efterfølgende.

Yderligere skal der udarbejdes en oversigt over hvilke bygningsdele og materialer, der mangler, således at der senere kan søges matchning fra andre byggerier. En **oversigt** udarbejdes.

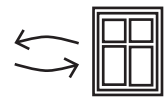
BLIVE?



UD?

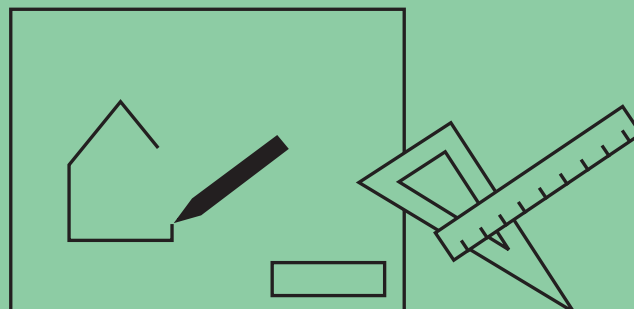


IND?



2d - Hvordan gør vi det?

Det skal undersøges, hvordan bygningsdele og materialer kan indarbejdes. Dette er en del af den videre projektering.





Trin 3:

Kan ressourcerne matches?

Formål

Formålet med trin 3 er at matche så mange ressourcer som muligt for økonomisk, social og miljømæssig gevinst. De ressourcer, der skal nedrives, men hverken genbruges, genanvendes eller nyttiggøres i selve projektet, søges solgt til andre projekter. Endvidere findes eksisterende ressourcer fra andre projekter, til direkte genbrug, genanvendelse eller anden nyttiggørelse i dette projekt.

Fremgangsmåde

Matchningprocessen opdeles i **salg** af ressourcer og **køb** af ressourcer.

Alle muligheder for salg af overskydende ressourcer fra projektet oplistes. På baggrund af denne liste, kontaktes opkøbere. Niveauet af miljømæssig værdi, bør indgå i overvejelserne om, hvilke opkøbere der skal kontaktes først.

For eksempel en opkøber der genbruger materialet direkte er at foretrække frem for

en opkøber der nyttiggør materialet. Det kunne være direkte genbrug af bjælker frem for afbrænding af træ til varmenyttiggørelse. Se endvidere affaldshierarkiet.

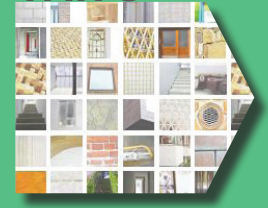
I vurderingerne kan LCA anvendes.

På samme vis skabes der et overblik over alle de muligheder, der er for indkøb af eksisterende bygningsdele og materialer fra andre projekter. Se litteraturlisten for idéer til aftagere/opkøbere.

På baggrund af dette overblik skabes kontakt til aftagere/sælgere.

Resultat:

- **Salg** af eksisterende ressourcer fra projektet.
- **Køb** af eksisterende ressourcer fra andre projekter.
- Minimeret brug af jomfruelige ressourcer.



3a - Hvem kan ressourcerne sælges til?

I trin 2c blev der udarbejdet en liste over de bygningsdele og materialer, der kunne undværes i den eksisterende bygning. Ud fra denne liste overvejes mulige anvendelser af bygningsdelene og materialerne: Hvem kan ressourcerne sælges til?

Eksempel: producenter, der opkøber træbjælker til:

- direkte genbrug
- genanvende som trægulve
- genanvendelse i produktion af byggeplader
- nyttiggørelse i energiproduktion ved afbrænding.

Yderligere kan der forberedes en fremvisning af bygningen til mulige opkøbere. Dette er en forberedelse til selektiv nedrivning.



3b - Hvem kan ressourcerne købes af?

I trin 2c blev der udarbejdet en liste over de bygningsdele og materialer, der mangler i projektet.

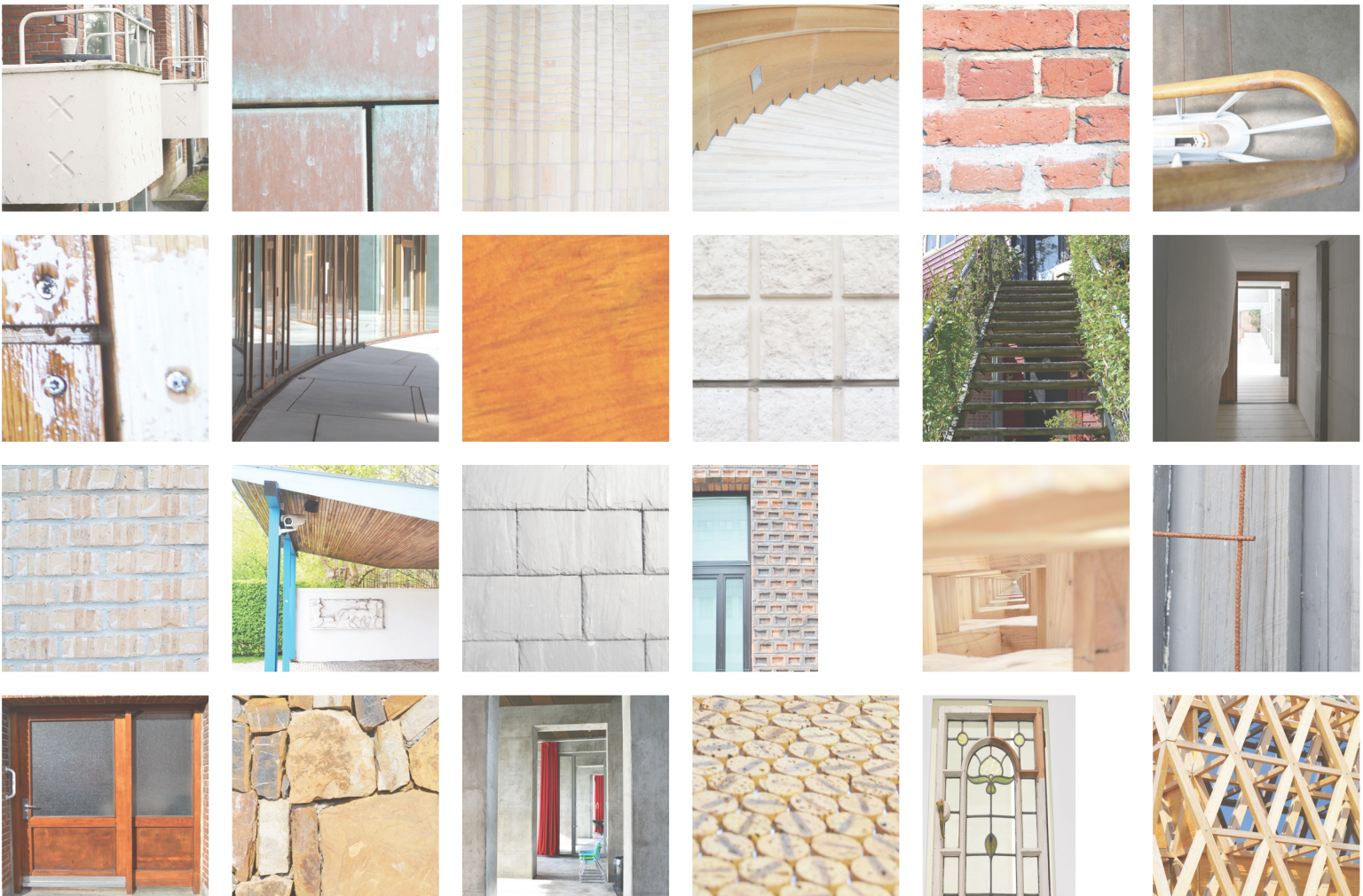
Med afsæt i denne liste undersøges mulige byggeprojekter, hvorfra ressourcer kan indkøbes.





matching *sb., -en, -er, -erne* ['mætʃnɪŋ]

At tilbyde eller efterspørge ressourcer fra et nedrivningsprojekt til opbygning af bygningsdele i et andet byggeprojekt.

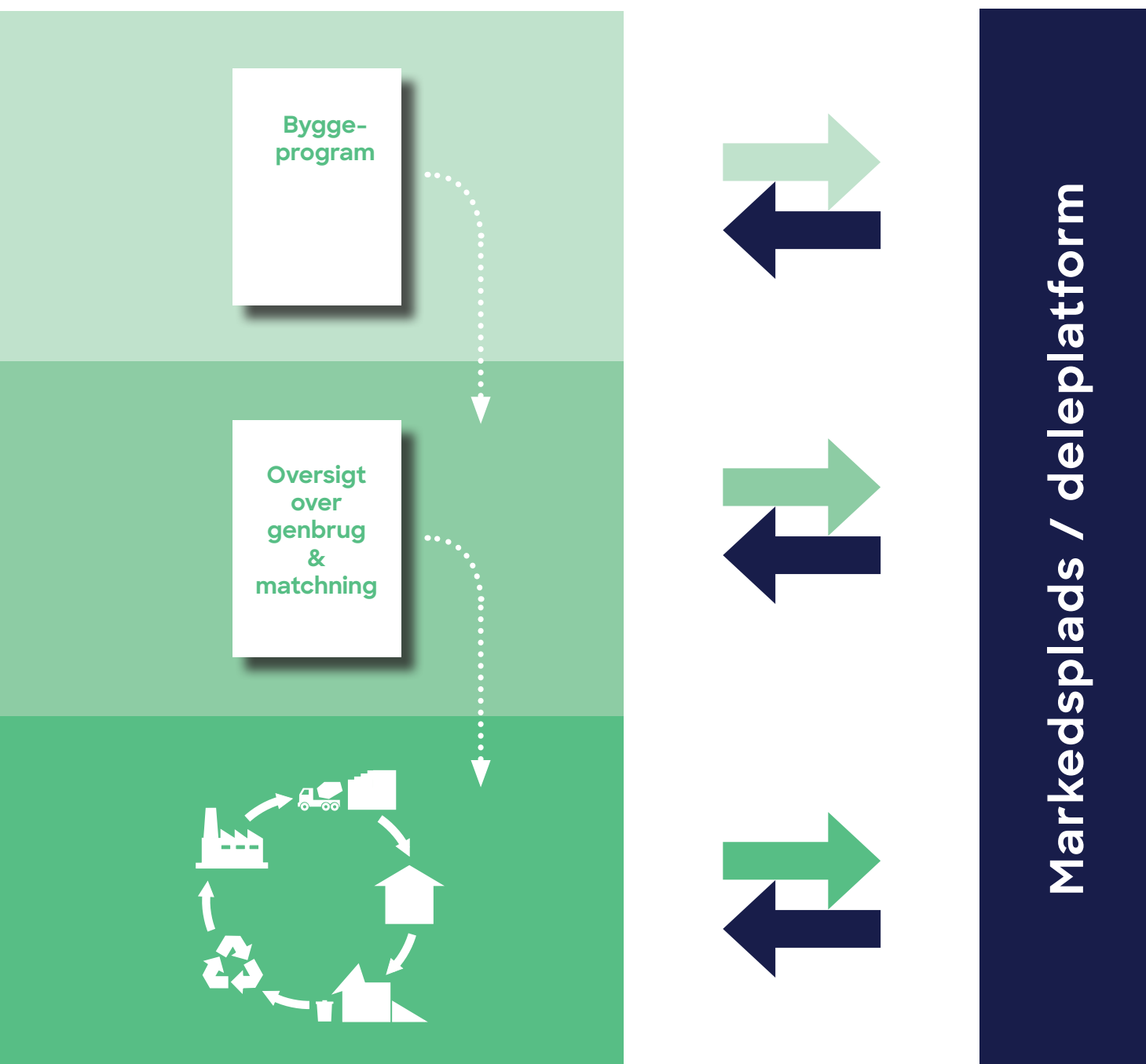


Oversigt

Processen består af en forudgående kortlægning af de faktuelle informationer om bygningen og området. Dernæst dialogmøder og projektmøder, hvor dialogværktøjet kan agere vejledning til processen.



I inspirationslisten bagerst i publikationen er der henvisninger til hjemmesider og apps, hvor der handles og byttes med genbrugsbyggematerialer.



Katalog over cirkulære løsninger

Eksempelbygning

LCA er anvendt på et bygningseksempel for at vurdere klimabelastningen ved forskellige scenarier for bygningen: Bevaring, Ombygning og Nybyggeri. LCA kan bidrage til et bedre beslutningsgrundlag ved håndtering af bygninger, som står til nedrivning.

Case

Der tages udgangspunkt i tre scenarier for en typisk skolebygning fra 1950'erne: Bevaring, Ombygning og Nybyggeri med forudgående nedrivning af den eksisterende skole. Scenariers klimabelastning beregnes ud fra en betragtning over en periode på 50 år.

Det antages, at skolebygningen er slidt og de fysiske rammer står i konflikt med nye, ændrede behov. Antagelser og resultater er specifikke for dette eksempel og kan ikke overføres for andre bygninger. Fx ville forskelle i den eksisterende bygnings energiforbrug eller en mindre omfattende renovering give andre resultater og dermed konklusioner.

Scenarier

I Bevaringsscenariet bliver der ikke udført større ændringer end dem, der er nødvendige for at bevare bygningen. Der udskiftes fx vinduesruder og gulvbelægning, og overfladerne males.

Renovering indebærer udvendig efterisolering af facaden med ny formur, efterisolering af skråtaget og nye vinduer, så Renoveringsklasse 1 overholdes. Derudover medregnes nedrivning af de bygningsdele, som er berørt af renoveringen.

I scenariet Nybyggeri antages for forenklingens skyld, at skolen genopbygges i samme form, blot med tidssvarende konstruktioner og overholdelse af BR18 energirammen. Dertil kommer nedrivningen af den eksisterende skole.

Alle tre scenarier har opvarmet loft og kælder og ellers identisk etageareal og opvarmet areal.

Drift og materialer

Grafen baseret på en **konventionel tilgang** viser, at den eksisterende bygning har højt forbrug af **driftsenergi** i forhold til Ombygningen og især Nybyggeriet. Omvendt er klimabelastningen fra **materialer** lavest ved Bevaringen, da der ikke udføres nogle større forandringer i modsætning til de andre scenarier. I den valgte case er der altså to modstridende tendenser for henholdsvis energi- og materialeforbrug.

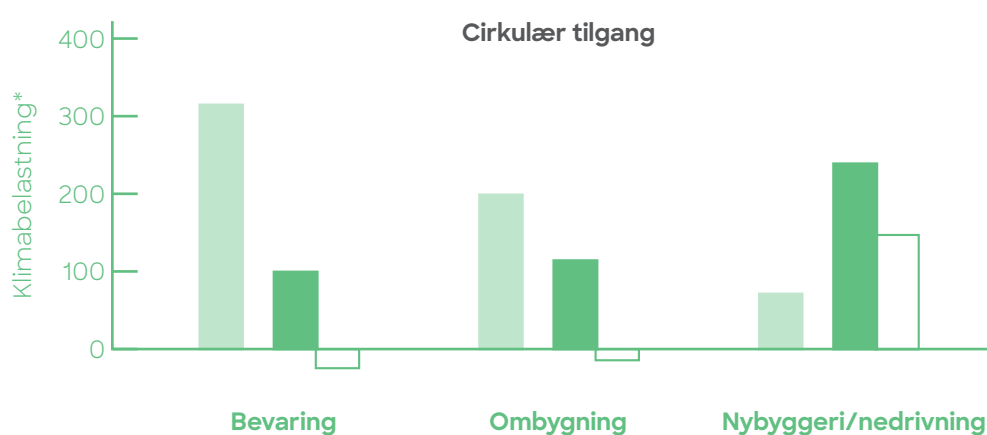
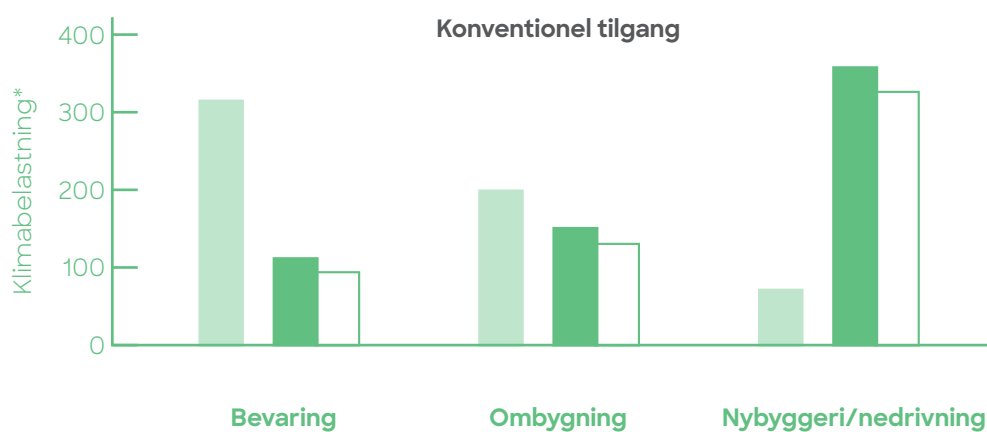
Søjlen **materialer inklusiv potentialer** viser klimabelastningen fra materialer, hvor der er indregnet potentielle besparelser udenfor skolebygningens rækkevidde. Dette kan være en mængde mursten, som vil være til rådighed for genbrug efter nedrivningen, og som ikke genbruges i det pågældende projekt.

Konventionel og cirkulær tilgang

Konventionelle løsninger svarer til typiske materialevalg i dag. Den nederste graf viser resultater baseret på en **cirkulær tilgang**, som kan reducere materialers klimabelastning. Forskelle opstår, hvor genbrugsløsninger erstatter konventionelle løsninger med stor klimabelastning fx ved genbrugte betonelementer. Se uddybende afsnit om cirkulære materialer.

Bygningsdele

Det følgende afsnit behandler de bygningsdele, der indgår i dette beregningseksempel. Alle væsentlige løsninger bliver præsenteret, både den konventionelle og den cirkulære variant.



- Driftsenergi
- Materialer
- Materialer inklusiv potentialer ved endt levetid

* Enhed: kg CO₂ ækvivalenter pr. m² pr. 50 år

Eksempler på bygningsdele

LCA er anvendt på et bygningseksempel for at vurdere klimabelastningen ved forskellige scenarier for bygningen: Bevaring, Ombygning og Nybyggeri. På de følgende sider vises klimabelastningen af 1 m² bygningsdel.

Livscyklusfaser

Afsnittet går i dybden med den tidligere præsenterede LCA af skolebygningen fra 1950'erne ved at se på bygningsdelsniveau. Figuren øverst til højre viser, hvilke livscyklusfaser der indgår i LCA for hvert af scenarierne. I hver af de 4 faser opgøres alle relevante processer og materialestrømme. Tidspunkter for udskiftninger og nedrivning fastlægges efter standardlevetider for bygningsdele. Her vises kun klimabelastning fra materialer. Bygningsdelenes effekt på driftsenergi medtages i beregning af eksempelbygningen i forrige afsnit.

Scenarie: Bevaring

De eksisterende bygningsdele tilskrives en restlevetid, som i dette tilfælde kun er en tredjedel af deres normale levetid, da bygningen antages at være slidt. Udskiftninger sker med nye, tidsvarende løsninger. De bærende konstruktioner antages ikke at blive udskiftet over bygningens betragtningsperiode, som er 50 år.

De eneste bygningsmæssige ændringer er udskiftninger og nedrivning. Ved udskiftning kan man vælge cirkulære i stedet for konventionelle løsninger og udnytte de cirkulære potentialer ved eksisterende materialer, når bygningen nedrives.

Scenarie: Ombygning

Ved Ombygningen regnes der med klimabelastning fra de nyinstallerede dele (fx efterisolering), udskiftninger både af nye og eksisterende dele samt nedrivning af bygningen.

Udover udskiftninger og potentialer ved nedrivning har man ved større Ombygninger mulighed for at vælge mere gennemgribende cirkulære løsninger, fx til klimaskærmen, gulve eller

skillevægge.

Scenarie: Nybyggeri

Forudsætning for scenariet Nybyggeri er nedrivning af den eksisterende bygning. Som største påvirkning inddrages der etablering af den nye bygning, udskiftninger og den efterfølgende nedrivning.

Sammenlignet med Ombygning er der her mulighed for endnu større og sammenhængende cirkulære løsninger, herunder for de bærende konstruktioner.

Konventionel og cirkulær

De konventionelle varianter repræsenterer normal praksis uden særligt hensyn til miljø. Resultatet er vist i en grøn sky. Den hvide sky medtager potentielle besparelser i klimabelastning der sker udenfor projektet, fx når produkter der udskiftes eller nedrives fra skolebygningen sendes til genanvendelse i vej. De potentielle besparelser fra de konventionelle løsninger viser dermed hvordan det ser ud i dag.

Resultater for de cirkulære løsninger er opbygget efter samme princip med den forskel, at der vælges løsninger baseret på en cirkulær tankegang, dvs. materialer, som indeholder en vis andel af genbrug og genanvendelse. Yderligere potentialer udenfor projektet er angivet i den hvide sky. Disse potentialer kan også indebære mindre kendte og uafprøvede løsninger, som er nærmere beskrevet i afsnittet om Cirkulære Løsninger.



Forklaring af resultatvisning for bygningsdele

Tallene i skyerne angiver klimabelastning set over 50 år i enheden kg CO₂-ækvivalenter pr. 1 m² bygningsdel

Klimabelastning kan bestå af 3 typer tiltag:

1. Ændringer her og nu
2. Udskiftninger i løbet af 50 år
3. Bygningsdelens potentialer udenfor projektet

Konventionel



- Ingen
- ↔ 1x Tagtegl
1x Mineraluld
- ☁ Knust tagtegl til bærelag i vej

Cirkulær



- Ingen
- ↔ 1x Genbrugte tagtegl
1x Mineraluld
- ☁ Spær og stolper til genbrug
Lægter til genanvendelse i spånplader

Scenariet for bygningsdelen baseret på et cirkulært materialevalg

Hvid sky: Klimabelastning **inklusive potentialer** udenfor projektet fx genbrug i andre bygninger

Grøn sky: Klimabelastning indenfor projektets afgrænsning

Sammensætning af livscyklusfaser i de tre scenarier

	Nedrivning af eksisterende bygningsdel		Ny bygningsdel		Udskiftning af bygningsdel		Nedrivning af bygningsdel			Resultat (Konventionel)	Resultat (Cirkulær)
Bevaring					✓	+	✓	=			
Ombygning	✓ ₁	+	✓ ₂	+	✓	+	✓	=			
Nybyggeri	✓	+	✓	+	✓	+	✓	=			

¹² Ved renovering kan der være dele af en bygningsdel, som nedrives hhv. tilføjes

Eksempler på bygningsdele

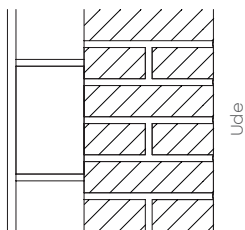
Ydervæg

Eksisterende bygningsdel:

Malerbehandling
15 mm kalkpuds
120 mm letbetonsten
240 mm teglmur, kalkmørtel

- Ændringer her og nu
- ↔ Udskiftninger over 50 år
- ☁ Påvirkninger inklusive potentialer udenfor projektet

Bevaring



Konventionel



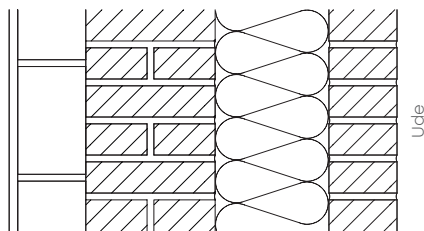
- Ingen
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Knust mursten til bærelag i vej

Cirkulær



- Ingen
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Mursten til genbrugsmursten

Ombygning

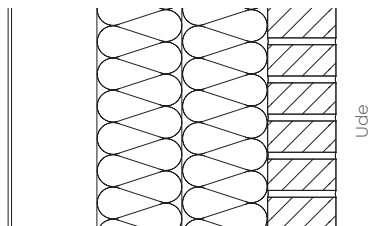


- Malerbehandling
200 mm mineraluld
120 mm teglformur, kalkmørtel
- ↔ 2x Malerbehandling
- ☁ Knust mursten til bærelag i vej



- Malerbehandling
200 mm mineraluld
120 mm formur af genbrugsmursten
- ↔ 2x Malerbehandling
- ☁ Gammel mur til genbrugsmursten
Ny formur til genanvendelse som bærelag i vej

Nybyggeri



- Malerbehandling
150 mm letbetonelement
300 mm mineraluld
120 mm teglformur, kalkmørtel
- ↔ 2x Malerbehandling
- ☁ Knust mursten til bærelag i vej



- Malerbehandling
150 mm elementer af 50% genbrugte betonelementer og 50% elementer af genbrugsbeton
300 mm mineraluld
120 mm formur af genbrugsmursten, kalkmørtel
- ↔ 2x Malerbehandling
- ☁ Betonelementer til genbrugsbeton



Klimabelastning angivet i kg CO₂ ækvivalenter pr. m² pr. 50 år

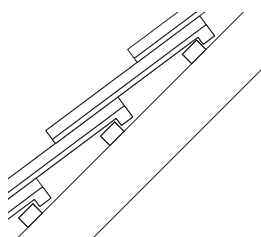
Tag

Eksisterende bygningsdel:

Tagtegl
Lægter
92/157 mm bjælkespær
hanebåndsspær, skunkstolper
100 mm mineraluld
13 mm gipsplader

- Ændringer her og nu
- ↔ Udskiftninger over 50 år
- ☁ Påvirkninger inklusive potentialer udenfor projektet

Bevaring



Konventionel



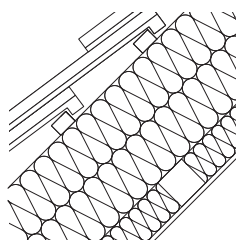
- Ingen
- ↔ 1x Tagtegl
1x Mineraluld
- ☁ Knust tagtegl til bærelag i vej

Cirkulær



- Ingen
- ↔ 1x Genbrugte tagtegl
1x Mineraluld
- ☁ Spær og stolper til genbrug
Lægter til genanvendelse i spånplader

Ombygning

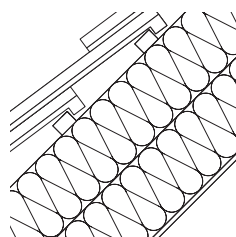


- Tagtegl
Lægter, afstandslister
47/300 mm påføringsspær
Undertag, membran
400 mm mineraluld
Dampspærre
- ↔ Ingen
- ☁ Knust tagtegl til bærelag i vej



- Genbrugstagtegl
Lægter, afstandslister
47/300 mm påføringsspær
Undertag, membran
400 mm mineraluld
Dampspærre
- ↔ Ingen
- ☁ Spær og stolper til genbrug
Lægter til genanvendelse i spånplader

Nybyggeri



- Tagtegl
Lægter, afstandslister
47/350 bjælkespær
Undertag, membran
300 mm mineraluld
Dampspærre
95 mm påføring og mineraluld
- ↔ Ingen
- ☁ Knust tagtegl til bærelag i vej



- Genbrugstagtegl
Lægter, afstandslister
Genbrugte tagbjælker
Undertag, membran
(Isolering som konventionel)
- ↔ Ingen
- ☁ Spær og stolper til genbrug
Lægter til genanvendelse i spånplader

Eksempler på bygningsdele

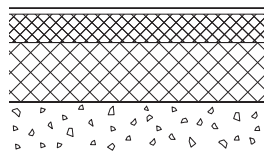
Terrændæk

Eksisterende bygningsdel:

2 mm vinyl
4 mm fiberplade
30 mm afretning
50 mm porebeton
100 mm armeret beton
150 mm grus

- Ændringer her og nu
- ↔ Udskiftninger over 50 år
- ☁ Påvirkninger inklusive potentialer udenfor projektet

Bevaring



Konventionel



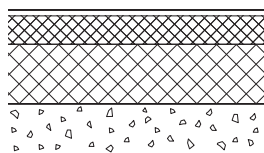
- Ingen
- ↔ 1x Vinyl
- ☁ Knust beton til bærelag i vej

Cirkulær



- Ingen
- ↔ 1x Vinyl
- ☁ Knust beton til genbrugsbeton

Ombygning

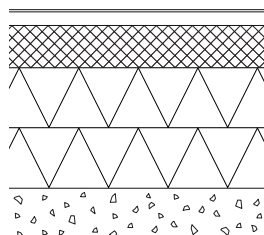


- 2,5 mm linoleum
3 mm trinlydisisolering
- ↔ Ingen
- ☁ Knust beton til bærelag i vej



- 2,5 mm linoleum
3 mm trinlydisisolering
- ↔ Ingen
- ☁ Knust beton til genbrugsbeton

Nybyggeri



- 2,5 mm linoleum
3 mm trinlydisisolering
40 mm afretningslag
Mellemlag, PE
120 mm beton
Fugtpærre, PE-folie
350 mm EPS-isolering
150 mm stabilgrus
- ↔ Ingen
- ☁ Knust beton til bærelag i vej



- 2,5 mm linoleum
3 mm trinlydisisolering
40 mm afretningslag
Mellemlag, PE
120 mm genbrugsbeton
Fugtpærre, PE-folie
350 mm EPS-isolering
150 mm stabilgrus
- ↔ Ingen
- ☁ Knust beton til genbrugsbeton



Klimabelastning angivet i kg CO₂ ækvivalenter pr. m² pr. 50 år

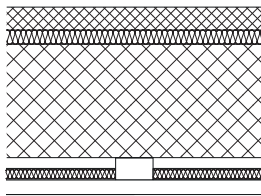
Etagedæk

Eksisterende bygningsdel:

2 mm vinyl
4 mm fiberplade
20 mm afretning
250 mm armeret beton
Lægter, afstandslister
20 mm mineraluld
4 mm akustikplade, træfiber

- Ændringer her og nu
- ↔ Udskiftninger over 50 år
- ☁ Påvirkninger inklusive potentialer udenfor projektet

Bevaring



Konventionel



- Ingen
- ↔ Gulv: 1x vinyl og fiberplade udskiftes med linoleum og trinlydisolering
Loft: 1x Lægter
Loft: 1x 15 mm perforeret krydsfinerplade, akustikdug

☁ Knust beton til bærelag i vej

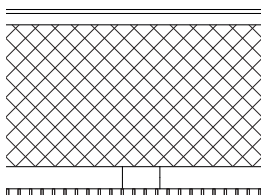
Cirkulær



- Ingen
- ↔ Gulv: 1x vinyl og fiberplade udskiftes med linoleum og trinlydisolering
Loft: 1x Lægter
Loft: 1x 15 mm perforeret krydsfinerplade, akustikdug

☁ Beton til genbrugsbeton
Lægter og lister genanvendes i spånplader

Ombygning



- Gulv: 2,5 mm linoleum
Gulv: 3 mm trinlydisolering
Loft: Lægter
Loft: 15 mm perforeret krydsfinerplade, akustikdug

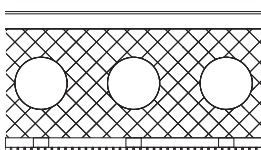
↔ Ingen
☁ Knust beton til bærelag i vej



- Gulv: 2,5 mm linoleum
Gulv: 3 mm trinlydisolering
Loft: Lægter
Loft: 15 mm perforeret krydsfinerplade, akustikdug

↔ Ingen
☁ Beton til genbrugsbeton
Lægter og lister genanvendes i spånplader

Nybyggeri



- 2,5 mm linoleum
3 mm trinlydisolering
40 mm afretningslag
Mellemlag, PE
320 mm huldæk
Lægter
15 mm krydsfiner, akustikdug

↔ Ingen
☁ Knust beton til bærelag i vej



- (Gulv som konventionel)
320 mm huldæk af 50% genbrugte elementer og 50% elementer af genbrugsbeton
(Loft som konventionel)

↔ Ingen
☁ Beton til genbrugsbeton
Lægter og lister genanvendes i spånplader

Eksempler på bygningsdele

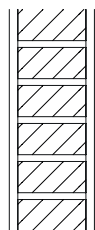
Indervægge, ikke-bærende

Eksisterende bygningsdel:

Malerbehandling
15 mm kalkpuds
120 mm teglmur, kalkmørtel
15 mm kalkpuds
Malerbehandling

- Ændringer her og nu
- ↔ Udskiftninger over 50 år
- ☁ Påvirkninger inklusive potentialer udenfor projektet

Bevaring



Konventionel



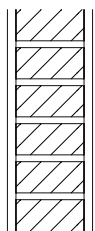
- Ingen
- ↔ 3x Malerbehandling
1x Teglmur erstattes med 100 mm porebetonvæg
- ☁ Knust mursten til bærelag i vej

Cirkulær



- Ingen
- ↔ 3x Malerbehandling
1x Teglmur erstattes med 100 mm porebetonvæg
- ☁ Mursten til genbrugsmursten

Ombygning

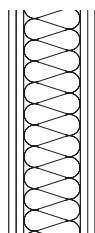


- Malerbehandling
Teglmur erstattes med 100 mm porebetonvæg
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Knust mursten til bærelag i vej



- Malerbehandling
Teglmur erstattes med 100 mm porebetonvæg
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Mursten til genbrugsmursten

Nybyggeri



- Malerbehandling
2 x 13 mm gipsplade
100 mm stålskeletvæg
95 mm mineraluld
2 x 13 mm gipsplade
Malerbehandling
- ↔ 2x Malerbehandling
- ☁ Stål til genanvendelse



- Malerbehandling
2 x 13 mm gipsplader
100 mm genbrugte stålprofiler
95 mm mineraluld
2 x 13 mm gipsplader
Malerbehandling
- ↔ 2x Malerbehandling
- ☁ Mursten til genbrugsmursten



Klimabelastning angivet i kg CO₂ ækvivalenter pr. m² pr. 50 år

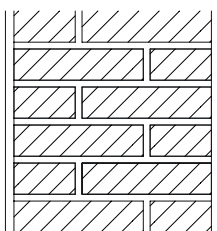
Indervægge, bærende

Eksisterende bygningsdel:

Malerbehandling
15 mm kalkpuds
360 mm teglmur, kalkmørtel
15 mm kalkpuds
Malerbehandling

- Ændringer her og nu
- ↔ Udskiftninger over 50 år
- ☁ Påvirkninger inklusive potentialer udenfor projektet

Bevaring



Konventionel



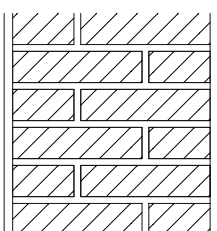
- Ingen
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Knust mursten til bærelag i vej

Cirkulær



- Ingen
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Mursten til genbrugsmursten

Ombygning

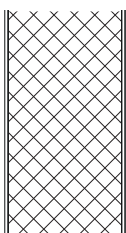


- Malerbehandling
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Knust mursten til bærelag i vej



- Malerbehandling
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Mursten til genbrugsmursten

Nybyggeri



- Malerbehandling
200 mm letbetonelement
Malerbehandling
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Ingen



- Malerbehandling
200 mm elementer af 50% genbrugte elementer og 50% elementer af genbrugsbeton
Malerbehandling
- ↔ 3x Malerbehandling
- ☁ Genbrugte betonelementer til genbrugsbeton

Eksempler på bygningsdele

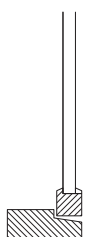
Vinduer

Eksisterende bygningsdel:

Karm og ramme af træ
2-lags ældre termoruder

- Ændringer her og nu
- ↔ Udskiftninger over 50 år
- ☁ Påvirkninger inklusive potentialer udenfor projektet

Bevaring



Konventionel



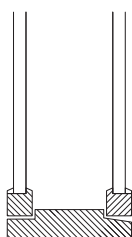
- Ingen
- ↔ Træ-/aluinduer
2x 3-lags termoruder
- ☁ Ingen

Cirkulær



- Ingen
- ↔ 1x kasseinduer af virgint træ
2x genbrugte 2-lags-termoruder
i to lag
- ☁ Ingen

Ombygning

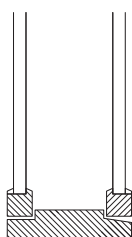


- Træ-/aluinduer
3-lags termoruder
- ↔ 1x 3-lags termoruder
- ☁ Ingen



- Kasseinduer af virgint træ
Genbrugte 2-lags-termoruder i
to lag
- ↔ 1x genbrugte 2-lags-termoruder
i to lag
- ☁ Ingen

Nybyggeri



- Træ-/aluinduer
3-lags termoruder
- ↔ 1x 3-lags termoruder
- ☁ Ingen

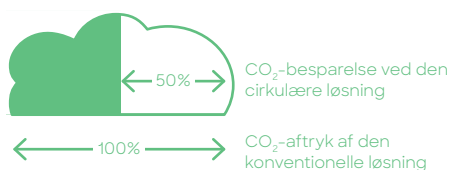


- Kasseinduer af virgint træ
Genbrugte 2-lags-termoruder i
to lag
- ↔ 1x genbrugte 2-lags-termoruder
i to lag
- ☁ Ingen

Eksempler på materialer

Den følgende inspirationsliste præsenterer cirkulære løsninger for en række materialer og deres potentialer indenfor kategorierne: Klimabelastning, Cirkularitet, Modenhed og Kredsløbspotentiale.

Klimabelastning



Skyens hvide andel er besparelsen ved den pågældende cirkulære løsning sammenlignet med en konventionel reference. Skyens bredde svarer til 100% klimabelastning for den konventionelle løsning.

Klimabelastningen medregner produktion, udskiftninger og affaldsbehandling over en betragtningsperiode på 50 år samt potentialer udenfor projektet. Der regnes ikke med udskiftninger for bygningsdele med en tredjedel eller mindre af restlevetiden før nedrivningen samt i betragtningsperiodens sidste 10 år.

Alle viste cirkulære løsninger regnes med at have den samme levetid som en tilsvarende konventionel løsning, da udgangsmaterialet antages at vælges i tilstrækkelig kvalitet. Undtagelsen er genbrugte termoruder og genbrugstagsten, som er sat til halvdelen af det tilsvarende nye produkts levetid.

Løsningerne kan have andre miljømæssige forudsætninger eller effekter, som ikke er medtaget her.

Cirkularitet



Cirkularitet betyder her, hvor meget en løsning er egnet til at blive recirkuleret og samtidig bevare dens højeste mulige værdi. Dette symboliseres ved placering i affaldshierarkiet.

Man kan fx se på en væg af betonelementer. Når elementerne flyttes fra deres oprindelige placering til et nyt projekt, er der tale om genbrug, da elementerne bevarer deres værdi.

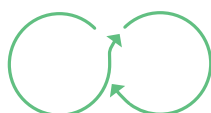
I et andet scenarie nedknuses elementerne og blandes som tilslag i beton i en ny bygning. Processen indebærer en forandring af form og struktur og dermed et vist værditab. Ikke desto mindre kan der produceres et nyt element.

I det tredje scenarie knuses elementerne og bruges som bærelag i vej. Værdien som materiale i byggeriet er gået tabt. Alligevel gør materialet en vis nytte i anden sammenhæng, hvorfor der er tale om anden nyttiggørelse.

Hvis elementerne er forurened, er der tale om bortskaffelse uden en større nytteværdi.



Kredsløbspotentiale



Kredsløbspotentialet beskriver løsningens egnethed til en cirkulær materialeøkonomi, hvor udtømmning af begrænsede råstoffer undgås og materialers værdi bevares på et højt niveau.

Mens kategorien Cirkularitet beskriver, hvordan materialer genbruges her og nu, ser kredsløbspotentiale også i fremtiden. Det er her, potentialer udenfor en given projektafgrænsning kommer i spil.

Potentialerne kan ofte indelede lukkede tekniske eller biotiske kredsløb på den ene side og kaskadeanvendelse på den anden. Der kan også forekomme kombinationer.

Lukkede kredsløb, fx for metaller, har kun marginalt ressource- og produkt baseret på genanvendt metal har den samme kvalitet som det jomfruelige metal.

Ved hvert nyt kredsløb i en kaskadeanvendelse forekommer der ressource- og værditab. Fx kan rudeglas blive genbrugt én gang, for derefter at blive til glasuld og til sidst at gå til deponering.

Modenhed

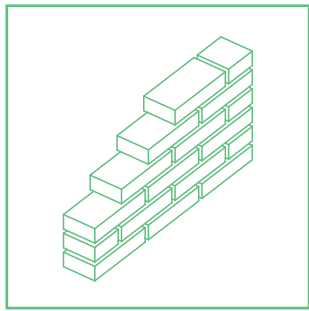


Modenhed beskriver løsningens udviklingsstadium, parathed til markedet og udbredelse i branchen. Modenhed er vigtigt at tage med ved sammenligning af varianter, som indebærer nye, innovative løsninger. En eksperimentiel løsnings lave klimabelastning skal ses i lyset af dens usikkerhed, dvs. om produktet kan levere den ønskede ydelse over den forventede levetid sammenlignet med et tilsvarende kendt produkt. Omvendt kan usikkerhederne reduceres i takt med anvendelse og test af nye løsninger, som er med til at løfte produktets modenhed.

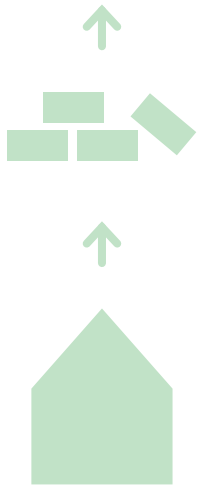
Normal praksis betyder her, at løsninger er hyldevarer. Andre løsninger kan have en begrænset udbredelse som specialløsninger, men er blevet afprøvet og dokumenteret med succes. Det tredje trin udgør eksperimentelle løsninger, som indebærer en vis risiko på grund af manglende afprøvning og langtidserfaring.

Eksempler på materialer

Genbrugsmursten



Teknologi



Genbrug af hele mursten vil typisk være en mulighed, hvis bygningen er muret før 1960. Det var netop heromkring man begyndte at gå fra kalk- til cementmørtel. Cementen kan i mange tilfælde være stærkere end murstenene og murstenene knækker derfor ofte, når man prøver at fjerne mørtelen.

Mursten skal testes, inden de bruges i nye sammenhænge og udgangsmaterialets egnethed kan svinge fra bygning til bygning og endda indenfor den samme bygning.

Klimabelastning



Genbrug af mursten i formur i stedet for nye mursten reducerer den potentielle klimabelastning for den nye mur med 78% over dens levetid sammenlignet med nye mursten. Reduktionen opnås, fordi man undgår at brænde nye mursten, da brænding er en energi-krævende proces, der frigiver drivhusgasser.

Der regnes med, at 65% af murstenene fra den originale mur kan genbruges.



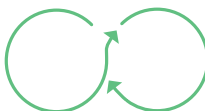
Cirkularitet



Genbrug af mursten ligger højt i affaldshierarkiet, fordi man bevarer murstenene og genbruger dem, som de er. Der indgår kun processer til nedrivning og rensning af murstenene.

I ældre bygninger har murstensvægge både haft en bærende og stabiliserende funktion samtidig med at fungere termisk masse i bygningen. I dag bruges teglsten typisk kun i formur, hvor mange af murstens funktioner ikke bliver udnyttet.

Kredsløbspotentiale



Løsningen bevarer murstens form kan i teorien blive gentaget flere gange, forudsat at der anvendes kalkmørtel, som kan renses af igen.

Levetiden af mursten kan variere meget afhængig af, hvilken vejrpåvirkning muren er udsat for, hvilken kvalitet stenen har og hvordan muren og fugerne bliver vedligeholdt.

Ved beregning af klimabelastningen regnes der dog med, at mursten i formure ville almindeligvis være slidte efter to livscyklusser, hvorefter de knuses og genanvendes som bærelag i vej.

Modenhed



Selvom mursten tidligere ofte var blevet genbrugt på grund af deres høje materialeværdi, mangler der langtidserfaringer med holdbarheden af genbrugsmursten i moderne byggeri.

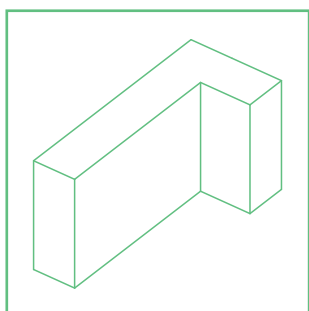
Teknologien til nedtagning, sortering og rensning er etableret i og genbrug af gamle mursten foregår i dag i mindre skala.

I nyere tid er der kommet et stigende antal større bolig- og institutionsbyggerier med formur af genbrugsmursten fra nedrivninger.

Murstenene bruges typisk som formur, hvor dens patinerede overflade kan komme til udtryk, men også fordi der anvendes element- eller blokløsninger til bagmuren.

Eksempler på materialer

Genbrugsbeton

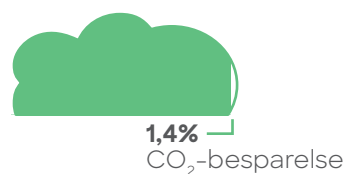


Teknologi

Ved genanvendelse af beton bruges knust beton som tilslag i den nye betonblanding. Dermed erstattes jomfruelig grus, som er en begrænset ressource i Danmark og globalt.

En af forudsætningerne for genanvendelse er en ensartet kvalitet af den beton, der skal genanvendes. Materialets egenskaber testes før nedrivning, for at vurdere, om det er egnet til at indgå i den nye blanding. Ligeledes testes den nye beton i forhold til anvendelse. Det kan bedst betale sig miljømæssigt og økonomisk, hvis nedrivning, oparbejdning, blanding af ny beton og nybyggeriet sker ved brug af mobile anlæg uden større transportafstande. Der skal tages hensyn til mulige gener for omgivelserne.

Klimabelastning



Genbrugsbeton, som erstatter 100% af stenmaterialet, reducerer kun marginalt den potentielle klimabelastning sammenlignet med beton der indeholder jomfrueligt tilslag.

Forbedringen er lav, da løsningen ikke reducerer behovet for den energikrævende cement.

Den genanvendelige andel af nedknust beton er sat til 50%, da meget af den nedknuste beton er for finkornet som tilslag. I både den cirkulære og konventionelle løsning antages betonen, at blive genanvendt som bærelag i vej ved endt levetid.

Klimabelastningen af genbrugsbeton er stærkt afhængig af transportafstandene. For at opnå den angivne besparelse forudsættes det at den nedknuste beton ikke behøves at transporteres, dvs. at den genanvendes på stedet.



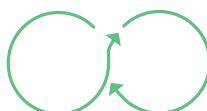
Cirkularitet



Genanvendelse af beton ligger i midten af affaldshierarkiet, fordi materialet omformes, inden det indgår i produktionen af ny beton.

Grusmaterialet til beton er en knap ressource i Danmark. Hvis ikke betonelementerne kan bevares eller genbruges, er genanvendelse af nedknust beton i produktionen af ny beton stadig relevant for at undgå import af grusmateriale med lange transportafstande.

Kredsløbspotentiale



Beton kan være svær at genbruge i dagens praksis, hvor elementer støbes sammen. Udviklingsprojekter har dog vist, at der er muligt at designe elementsamlinger, som kan skilles ad efter endt brug. Dette ville muliggøre direkte genbrug, henholdsvis lette nedtagning og knusning til genbrugsbeton.

Fundamenter vil også kunne bevares den dag, bygningen rives ned, og kan indgå som fundament i en ny bygning. Ellers kan betonen nedknuses og bruges til ny beton eller som bærelag i vej.

Der er ikke praktiske erfaringer med udviklingen af kvaliteten ved flere gange nedknusning og nyblanding af beton.

Modenhed



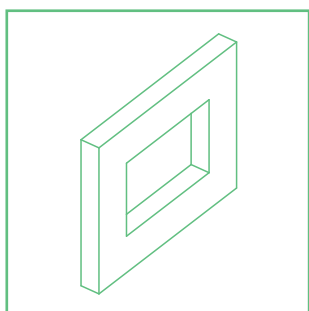
Genbrugsbeton med mere end 20% genbrugt stenmateriale blev testet i nyere demonstrationsprojekter. Betonen bruges typisk til fundamenter, afretningslag og belægninger, i mindre grad til vægge. En større andel af knust tilslag end 20% og anvendelse udover passiv miljøklasse kræver dispensation af kommunen.

Betonfraktionen skal være fri af forureninger som fx PCB, have en tilstrækkelig styrke og kvalitet passende til anvendelse.

Genbrugsbeton er ikke en standardløsning, kræver flere test og analyser og match mellem nedrivning og nybyggeri med hensyn til kvalitet og transportafstand. Der er endnu ikke blevet bygget en bygning, hvor alle bygningsdele af beton indeholder nedknust tilslag.

Eksempler på materialer

Genbrugte betonelementer

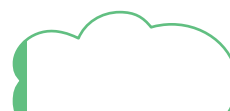


Teknologi

Elementbyggeri har stort potentiale med hensyn til demonterbarhed og genbrug. Da betonelementbyggerier, som blev bygget i stort omfang siden 1960'erne, ikke er forberedte til genbrug, er der behov for specifikke metoder til adskillelse af de forskellige samlinger.

Selvom der ikke er erfaring med det i Danmark, har internationalt forsøgsbyggeri vist, at det er muligt at bygge enfamilieshuse eller tæt/lav boligbyggeri ved at genbruge elementer fra etageboligbyggerier.

Klimabelastning



96% CO₂-besparelse

Genbrug af hele elementer reducerer den potentielle klimabelastning med 96% sammenlignet med jomfruelige betonelementer. Grunden til dette er at elementerne bibeholdes i deres form, mens klimatunge processer, som brænding af ny cement, undgås.

Klimabelastningen fra de genbrugte elementer forårsages kun af affaldsbehandlingen ved endt levetid.

Processer på byggepladsen, herunder nye samlinger, indgår ikke i beregningen.

Der er ikke regnet med betonskæring for tilpasning af elementer til nye formål eller åbninger.



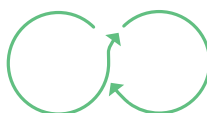
Cirkularitet



Direkte genbrug ligger højest i affaldshierarkiet. Derudover bevarer elementernes værdi bedst muligt, fordi funktionaliteten som dæk- og vægelementer bibeholdes.

En væsentlig udfordring ligger i elementernes eksisterende udformning, som muligvis ikke er egnet til de nuværende behov, herunder etagehøjde, facadens åbningsgrad, spændevide og lydkrav.

Kredsløbspotentiale



Betonelementer, som ikke udsættes for vejr, kan have meget lang levetid. Det kritiske punkt for direkte genbrug er design for adskillelse, som kan muliggøre flere livscykluser. Resultatet er også følsom overfor, hvor mange elementer, der går til spilde ved genbrug. En udfordring kan være at overføre viden om adskillelsesmetoden og elementets ydeevne henover flere genbrugscykluser.

Ydervægselementer, som anvendes som klimaskærm, regnes med at være nedslidte og dermed ikke til rådighed for direkte genbrug mere. Disse elementer kan knuses og genanvendes som tilslag i ny beton.

Modenhed



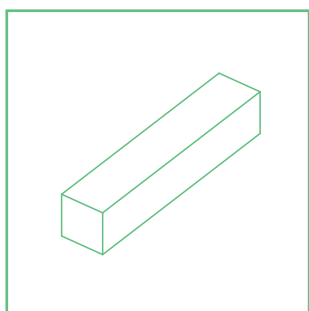
Eksisterende moderne elementbyggeri er ikke forbedret til genbrug og samlinger er typisk støbt sammen.

Genbrug af betonelementer fra den eksisterende bygningsmasse mangler præcedens i Danmark. Det vurderes dog at være muligt at danne et erfaringsgrundlag, som kan etablere direkte genbrug som alternativ til nystøbte elementer eller som hybridløsning i forbindelse med andre materialer, fx træ.

Der findes udenlandske erfaringer for genbrug af betonelementer, herunder fra Holland og Tyskland, som forventes at kunne overføres til Danmark. Før dette er afprøvet i forsøg med dansk elementbyggeri, er det svært at vurdere, hvordan de tekniske og økonomiske udfordringer kan løses bedst.

Eksempler på materialer

Genbrugte søjler/bjælker af beton



Klimabelastning



Genbrug af hele elementer har en 96% lavere klimabelastning end at brug af nye betonelementer fra jomfruelige kilder. Grunden er, at elementer bibeholdes i deres form, mens klimatunge processer, som brænding af ny cement, undgås.

Cirkularitet



Genbrug af søjler og bjælker ligger højest i affaldshierakiet. I dag er direkte genbrug udfordrende, da søjler og bjælker ikke er forberedt til afmontering.

Modenhed



Det eksisterende elementbyggeri er ikke forberedt til genbrug eller tænkt som materialebank. Genbrug af betonelementer fra denne eksisterende bygningsmasse mangler præcedens i Danmark og har mange ukendte parametre. Det vurderes dog at være muligt at danne et erfaringsgrundlag, som kan etablere direkte genbrug som alternativ til nystøbte elementer eller som hybridløsning i forbindelse med andre materialer, fx træ.

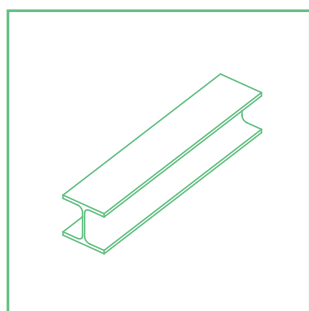
Kredsløbspotentiale



Betonelementer, som ikke udsættes for vej, kan have en meget lang levetid. Det kritiske punkt for direkte genbrug er dermed design for adskillelse med hensyn til flere fremtidige livscyklusser samt omfanget af spild under genbrugsprocessen. Når samlinger kan laves så de kan skilles ad igen, kan elementet indgå i flere kredsløb.



Genbrugte stålprofiler



Stålprofiler til bærende formål har et stort potentiale til genbrug, hvis udgangsmaterialet er beskyttet over for korrosion. Rene stålkonstruktioner som i hal- og industribyggeri med boltede samlinger kan demonteres og samles igen uden tab. Profiler med svejste samlinger kan skæres fra hinanden og eventuelt svejses igen. Stålprofiler kan også genbruges i nye sammenhæng, fx som forstærkninger i beton- eller træbyggeri.

Klimabelastning



78% CO₂-besparelse

Genbrug af hele stålprofiler reducerer klimabelastningen i med 78% sammenlignet med en typisk nyproduceret stålprofil, som indeholder 80% genanvendt stål.

De genbrugte elementer bibeholdes i deres form, mens den klimatunge omsmelting og produktion af nye profiler undgås.

Modenhed



Anvendelse af genbrugte stålprofiler til bærende formål praktiseres ikke i dag. Løsningen kræver en statisk vurdering af de eksisterende elementer, som der ikke er tradition for. Ligesom ved andet direkte genbrug af elementer kan de være nødvendigt at regne med overdimensionering af profilet.

Cirkularitet



Genbrug af elementer ligger højest i Affaldshierakiet. Elementbyggeri har med sin modularitet stort potentiale i en cirkulær tankegang.

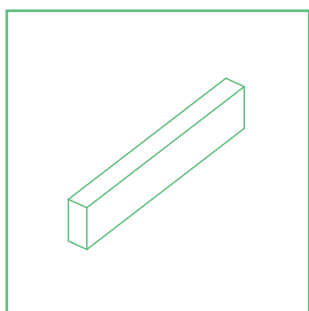
Kredsløbspotentiale



Stålprofiler kan genbruges flere gange, forudsat at profilerne er beskyttet over for korrosion. Sandsynligheden for flere cykeldirekte genbrug afhænger desuden af, hvor nemt profilet kan skilles ad, og hvor godt det matcher de nye konstruktioners behov fx med hensyn til profilers dimensioner.

Eksempler på materialer

Genbrugte bærende træbjælker og -stolper



Klimabelastning



Træ findes i store mængder i eksisterende byggeri. En del af træet er egnet til direkte genbrug i bærende konstruktioner, herunder spærtræ til tage og træskelet.

Genbrug har været almindeligt i bindingsværksbyggeri inden industrialiseringen. Skelet- og tagkonstruktioner af træ er i moderne byggeri samlet med beslag og fastgørelsesmidler af metal, som kan være tidskrævende og vanskelige at demontere uden at ødelægge træet.

Da træ optager CO₂ under væksten, antages dets klimabelastning at være negativ for produktion af de fleste træbyggevarer. Klimabelastningen er lav uanset om det er nyt træ eller genbrugstræ. Forskellen på 77% mellem bærende træ fra genbrug og ny produktion skal derfor ses på et i forvejen lavt niveau af klimabelastning.

Afgørende for resultatet bliver de processer, der er nødvendige for at fremstille produktet, i dette tilfælde transporten af materialer.

Modenhed



Eksisterende moderne elementbyggeri er ikke forberedt til genbrug eller oprindeligt tænkt som materialebank. Genbrug af spær og træskelet mangler præcedens i stor skala i Danmark.

Der er ikke tradition for statistisk vurdering af de eksisterende elementer, hvilket udgør en udfordring. Som i anden direkte genbrug af elementer kan løsningen ligge i overdimensionering ved manglende erfaring med historiske profilers styrkeegenskaber.

Cirkularitet



Genbrug af elementer ligger højest i Affaldshierarkiet. Når formatet af spær, stolper, bjælker og lignende ikke ændres væsentligt, bibeholdes deres størst mulige værdi med hensyn til funktionalitet.

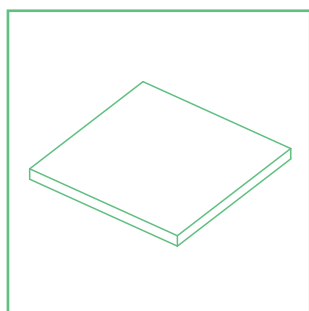
Kredsløbspotentiale



Ubehandlet træ bibeholder en god kvalitet i tørre omgivelser. Antallet af recirkuleringer afhænger af, om man anvender demonterbare samlinger og designer i dimensioner, som kan indgå i de mest almindelige sammenhænge.



Spånplader



Spånplader består af pressede træspåner og lim, og der findes forskellige anvendelsestyper. Til fugtbestandige plader tilsættes der også paraffiner. Udgangsmaterialet for den jomfruelige træandel er udtyndingstræ og træaffald fra skovbruget, mens andelen af genbrugstræ stammer fra møbelindustrien og genbrugspladser.

Klimabelastning



9% CO₂-besparelse

Selvom der antages en andel af genbrugstræ i produktionen af nye spånplader på 70%, er der begrænset besparelse i klimabelastning ved genanvendelse af affaldstræ sammenlignet med jomfrueligt træ. Dette skyldes, at træ optager CO₂ under væksten, så klimabelastningen regnes for at være negativ for produktion af de fleste træbyggevarer. Påvirkningen fra produktionen er derfor negativ, uanset om der bruges nyt træ eller genbrugstræ.

Cirkularitet



I spånplader bidrager kun den genanvendte andel af træ til en teknisk cirkularitet. Spånpladeproduktion ligger lavt i værdikaskaden for træ og bør kun komme i spil for affaldstræ, som ikke kan genbruges mere i sin oprindelige form, men som har en høj værdi til at blive nyttiggjort til energiproduktion.

Modenhed



Spånplader baseret på en væsentlig andel af genbrugstræ er et etableret produkt, som allerede blev udviklet i 1930'erne, og som anvendes i store mængder i byggeri. Egenskaber og ydeevne er harmoniseret i en europæisk standard og produktet er almindelig hyldevare. Producenter angiver ikke andelen af genbrugstræ i nye spånplader.

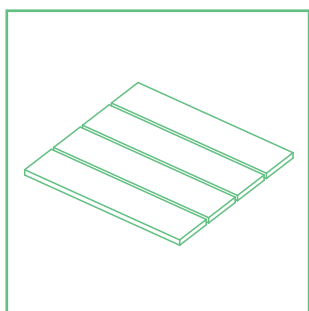
Kredsløbspotentiale



Spånplader kan sjældent genbruges, da fx undergulve af spånplader er limet sammen. I stedet kan de nyttiggøres til energiproduktion.

Eksempler på materialer

Genbrugte gulvbrædder



Gulvbrædder med tilstrækkelig tykkelse kan afmonteres og genbruges som gulvbelægning.

Teknologien er kendt, men arbejdstung. Byggepladsprocesser som afslibning og nybehandling er ikke medregnet her.

Klimabelastning



77% CO₂-besparelse

Da træ optager CO₂ under væksten, antages klimabelastningen at være et negativt tal for produktion af de fleste træbyggevarer. Klimabelastningen er lav, uanset om der anvendes nyt træ eller genbrugstræ. Forskellen på 77% mellem bærende trægulv fra genbrug hhv. ny produktion skal derfor ses ud fra et i forvejen lavt niveau af klimabelastning.

Afgørende for resultatet bliver de processer, der er nødvendige for at fremstille produktet, i dette tilfælde transporten af materialer.

Cirkularitet



Da gulvbrædderne bevares deres form, er der tale om genbrug. Materialeværdien bevares ligeledes på det højest mulige niveau, da brædderne kan opfylde den samme funktion.

Modenhed



Optagning og omplacering af gulvbrædder er forholdsvis ukompliceret. Processen anvendes dog normalt ikke i større skala i professionelt byggeri. Selve proceduren er en del af almindeligt snedkerhåndværk, men benyttes i dag kun til reparationer eller i bevaringssammenhæng.

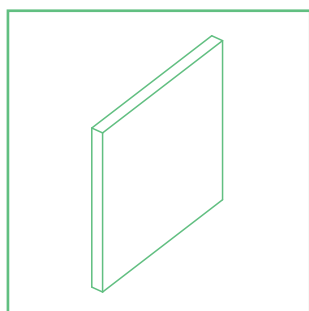
Kredsløbspotentiale



Gulvbrædder kan have meget forskellig levetid og tilsvarende forskellig restlevetid i forbindelse med genbrug. I denne løsning regnes genbrugsgulvet nyttiggjort til energiproduktion efter endt levetid, da nye gulve kun forventes at kunne genbruges én gang, inden det er nedslidt.



Gipsplader med andel af nedknuste gipsplader



Gipsplader fremstilles både af jomfruelig gips, af kraftværkers affaldsprodukter og i nyere tid også af gipsaffald.

Gipsplader knuses, sigtes og kontrolleres i oparbejdningsanlæg, og gipspulveret køres til gipsfabrikken. Resten af gipsaffaldet, som ikke kan bruges i gipsplader, genanvendes i andre industrier, som fx landbrug.

Klimabelastning



5% CO₂-besparelse

Der opnås en besparelse på 5% ved genanvendelse af 25% gipsaffald i produktionen af nye gipsplader sammenlignet med plader fra udelukkende jomfruelig gips. Der er taget højde for en længere transportafstand ved genanvendelse af gips.

Modenhed



I den almindelige gipspladeproduktion indgår der en varierende andel af genanvendt gips. Da gipspladeproducenter ikke oplyser genanvendelsesprocenter i deres markedsføring, vil andelen af genbrugsgips oftest være ukendt.

Cirkularitet



Gipsplader nedknuses og kan dermed genanvendes i nye gipsplader. I øjeblikket bruges der omtrent 25% genanvendt gips i nye plader, mens den tekniske begrænsning ligger på cirka 40%. Her regnes der også renere gipsaffald ind som fx afskær og produktionsaffald ud over plader, der stammer fra bygninger.

Direkte genbrug af gipsplader er vanskeligt, da der ofte er spartlet over pladernes samlinger.

Kredsløbspotentiale

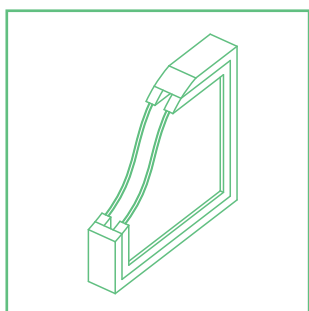


Gips kan genanvendes ubegrænset, hvis det kan sorteres uden forurening. I et knusningsanlæg forarbejdes pladerne til gipspulver, som i princippet kan indgå i produktion af nye plader. I praksis kan renheden af indsamlet gipsaffald være utilstrækkeligt til brug i plader.

Producenters eget produktionspild er bedre egnet til nye plader, da restprodukter har en kendt renhed.

Eksempler på materialer

Kassevinduer af genbrugte termoruder



Klimabelastning



Ved udskiftning af ruder eller vinduer eller ved nedrivninger kan der være eksisterende intakte termoruder med længere restlevetid. Disse ruder vil som regel have en dårligere isolans end nye ruder og vil heller ikke opfylde bygningsreglementets energikrav, hvis de genmonteres i et andet vindueshul.

Det betyder dog ikke, at ruderne har mistet deres værdi. Ruderne kan fx genbruges i vinduer, hvor der ikke gælder de strengeste komponentkrav.

Alternativt kan ruderne indgå i nye, specialfremstillede kassevinduer med plads til to 2-lags termoruder, som normalt ville være nødvendige for at overholde bygningsreglementets komponentkrav.

Rudernes størrelse er givet på forhånd og afgør anvendelsesmuligheder. Mindre ruder kan dog kombineres som fag i større vindueselementer.

Ved direkte genbrug af ruder i nye kassevinduer opnås en besparelse på 97% sammenlignet med nye 2-lags ruder. Reduktionen opnås ved at undgå den energitunge glasproduktion.

I begge scenarier er der antaget en glastykkelse på 2x4mm.

Cirkularitet



Selve ruderne genbruges direkte og ligger derfor øverst i affaldshierakiet. Ruderne skal ikke gennemgå større processer end kontrol og rensning. Ramme og karm er fremstillet af nyt træ.

Modenhed



Genbrug af termoruder er afprøvet i enkelte tilfælde, men regnes ikke som en moden løsning. Rudernes restlevetid er med til at bestemme, hvor fordelagtig løsningen er. Der findes ikke en testmetode til at vurdere den forventede restlevetid, men muligvis kan øvrige ruder af samme type i bygningen indikere, om det specifikke produkt i den konkrete kontekst kan forventes at holde tilstrækkelig længe.

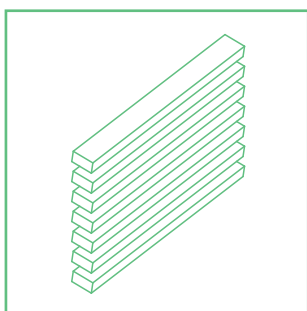
Kredsløbspotentiale



Det forventes, at genbrugte ruder højst kan indgå i en enkel genbrugscyklus, da tætningen har en begrænset holdbarhed. Efter endt levetid forventes glasset med at indgå i den almindelige affaldsproces for vinduesglas.



Lamelfacade af træ fra vinduesprofiler



Vinduesrammer og -karme produceres af kernetræ fra skovfyr, som har en lang holdbarhed i det danske vejr. Ved udskiftninger af vinduer eller nedrivning af bygninger kan der være en andel af disse træprofiler der stadig har en god holdbarhed. Profilerne skæres op og monteres som let, ventileret facadebeklædning. De forholdsvis korte stykker kan med fordel monteres som præfabrikerede elementer.

Klimabelastning



77% CO₂-besparelse

Da træ optager CO₂ under væksten, antages klimabelastningen at være negativ for produktion af de fleste træbyggevarer. Klimabelastningen er lav, uanset om der anvendes nyt træ eller genbrugstræ. Forskellen på 77% mellem lamelfacader af træ og den cirkulære løsning med genbrugsvinduer skal derfor ses ud fra et i forvejen lavt niveau af klimabelastning.

Afgørende for resultatet bliver de processer, der er nødvendige for at fremstille produktet, i dette tilfælde transporten af materialer.

Cirkularitet



At anvende vinduesprofiler i lamelfacade har kendetegn af både genbrug og genanvendelse. Ved opskæring mister rammen sin funktion i form af brug i vinduer.

Modenhed



Udover få praktiske forsøg er det ikke almindeligt at genbruge karm- og rammetræ til nye formål. En teknisk ulempe er de relativt korte længder på profiler grundet vinduernes størrelse, som resulterer i mange stød i facaden.

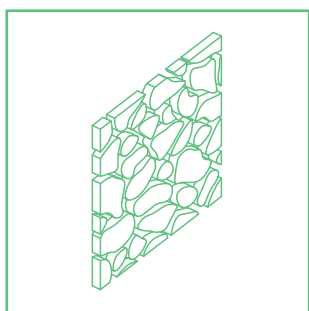
Kredsløbspotentiale



Træprofilerne kan hverken bruges til nye vindueskarme eller lamelfacader, da træet anses for at være slidt efter to livscyklusser. Derfor antages det, at det overfladebehandlede træ bliver nyttiggjort til energiproduktion efter endt levetid.

Eksempler på materialer

Facadebeklædning af glaskeramik



Klimabelastning



46% øget CO₂-udslip

Modenhed



Plader af glaskeramik kan bruges som facadebeklædning. I produktionen anvendes der udelukkende knust glas, som opvarmes forsigtigt i længere tid i en sinterovn. Overfladen slibes glat og eventuelle udspæringer til fastgørelse udfræses. Særligt ved dette glasmateriale er, at skærværnes strukturer forbliver synlige, og at der skabes forskellige farver alt efter det sorterede genbrugs-glas, herunder ruder.

Ved genanvendelse af genbrugsglas til glaskeramik opnås ingen besparelse, da produktionen af glaskeramik er meget energikrævende, sammenlignet med jomfrueligt glas.

Ved sammenligning med en tung facadebeklædning med nye mursten ville der dog være en besparelse på 8%.

Cirkularitet



Der er tale om genanvendelse af genbrugsglas, som bringes i ny form gennem knusning og en termisk proces. Selvom der spares på udgangsmaterialerne, kræver sinterprocessen en stor mængde energi.

Teknologien er et nicheprodukt, men har været på markedet i en længere årrække. Det kendes særligt fra anvendelse i større projekter med særlige arkitektoniske krav til facaden.

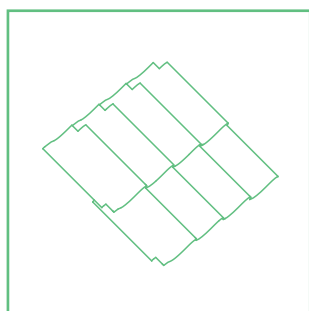
Kredsløbspotentiale



Glaskeramik udgør et trin i glaskaskaden, som har en værdi, der ligger mellem rudeglas og glasuld. Det betyder, at ruder kan downcycles til glaskeramik, som efterfølgende kan blive til glasuld, og som slutteligt skal deponeres.



Genbrugstagsten



Tagsten er særligt egnede til genbrug med deres traditionelle demonterbarhed. I tilfældet af, at

tagbelægninger fjernes ved nedrivning eller efterisolering af taget, ender tagsten normalt som byggeaffald eller bærelag i vej. Med en mindre arbejdsindsats kan tagsten nemt afmonteres, lagres, transporteres og genmonteres på et andet tag. Udfordringen kan være at matche de efterhånden utallige formater, der ligger på de eksisterende bygninger.

Klimabelastning



96% CO₂-besparelse

Genbrug af tagsten reducerer den potentielle klimabelastning med 96% sammenlignet med nye tagsten. Påvirkningen reduceres i det cirkulære scenarie, fordi den energitunge brændeprocess fra produktion af nye tagsten undgås.

Modenhed



Omlægning af tagsten er en almindelig procedure, fx ved efterisolering af taget, hvis tagbelægningen ikke behøver at skiftes ud. Flytning af tagsten fra den ene til den anden bygning praktiseres dog normalt ikke i stor skala.

Cirkularitet



At flytte tagsten fra tag til tag hører under genbrug, da tagstenens udformning bibeholdes.

Kredsløbspotentiale

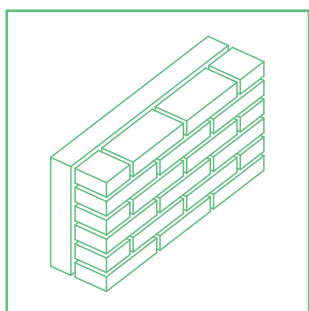


Det er teknisk muligt at lægge tagsten om flere gange uden større spild.

I dette scenarie antages dog at tagstens levetid som tagbelægning slutter efter én genbrugsfase, da levetiden er forkortet i forvejen. Til sidst bliver tagstenene knust og genanvendt som bærelag i vej.

Eksempler på materialer

Genbrugsmurelementer



Ydervægge fra 1960 og frem er ofte muret med cementmørtel, som er svært at fjerne uden at ødelægge stenene. Selvom disse mure stadig kan have en lang holdbarhed, er det ikke praktisk muligt at genbruge stenene enkeltvis. Her kan muren skæres i elementer og armeres med betonbagside. Elementet kan monteres som forplade i en facadeløsning.

Klimabelastning



Genbrug af murelementer reducerer den potentielle klimabelastning med 61% sammenlignet med opmuring med nye mursten. Påvirkningen reduceres, fordi den energi-krævende produktion af nye mursten, som frigiver drivhusgas, undgås. Der er antaget et spild på 10% i produktionen af murelementerne, dog uden at der foreligger erfaringstal.

Modenhed



Udskårne murværkselementer er en eksperimentel tilgang, som kan inspirere til nye måder at anskue gammelt murværk på, da holdbarheden af de enkelte sten er den samme som for genbrugsmursten. I elementløsninger kommer dog flere variable til, såsom nedtagningsprocessen, armering med betonbagplade, fastgørelse i facade og samling mellem elementer.

Cirkularitet



Murværkselementer ligger imellem genbrug og genanvendelse på affaldshierarkiet. På den ene side bevarer elementerne murstenenes værdi som mur bedst muligt, hvis adskillelse ikke kan betale sig. På den anden side kræves der processer som skæring og støbning af bagside, som snarere taler for en genanvendelse af murværk.

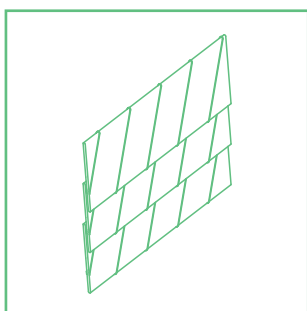
Kredsløbspotentiale



Elementerne kan under særlige omstændigheder genbruges, men antages at være slidt. Direkte genbrug af enkelte mursten er også usandsynlig på grund af bagsiden af beton. Derfor antages her knusning af elementerne og genanvendelse som bærelag i vej efter endt levetid.



Facadebeklædning af ventilationsrør



Ventilationsrør fremstilles af galvaniseret stål og kan derfor holde i vind og vejr. Dette gør dem velegnede til genbrug som let facadebeklædning. Rørene presses på fabrik, og resultatet er plader i forskellig bredde, som direkte kan skrues på underkonstruktion af træ eller stål. Lodrette og vandrette samlinger kan nemt udføres ved at lade de tynde plader overlæppe. De skrå false fra rørproduktionen kan bruges som arkitektonisk mønster.

Klimabelastning



56% CO₂-besparelse

Genanvendelse af ventilationsrøri facaden giver en besparelse på 56% i forhold til konventionelle facadeplader af galvaniseret stål. Besparelsen opnås hovedsageligt, fordi produktion af ny stål undgås ved genanvendelsen.

Det antages, at udgangsmaterialet, ventilationsrør, ikke var udsat for vejret i deres første cyklus. Facadepladerne har derfor en levetid på linje med regulære facadeplader af galvaniseret stål.

Cirkularitet



Der er tale om genanvendelse, da rørene ændrer form til flade elementer. Løsningen er med til at reducere antallet af energikrævende omsmeltninger af rør i stålets konventionelle materialekredsløb.

Modenhed



Denne løsning må regnes som eksperimentel. Processer som presning af spirorør til plader og montering som facadebeklædning er dog forholdsvis ukomplicerede. Da opbygningen af det endelige produkt er ikke langt fra konventionelle stålbeklædninger, kan løsningen sagtens udvikles som reelt alternativ.

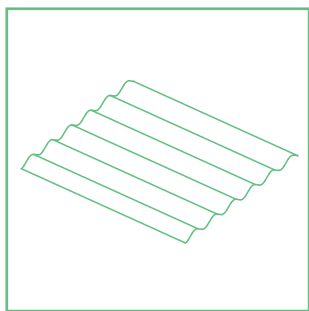
Kredsløbspotentiale



Stålbladerne antages at være korroderet efter endt levetid, hvorefter pladerne bliver genanvendt i ny stålproduktion. Isoleret set er løsningen en kaskadeanvendelse. Hvis kaskaden samlet set gentages flere gange, kan antallet af omsmeltninger halveres og løsningen bliver det at et kredsløb i et større perspektiv.

Eksempler på materialer

Genbrugte aluminiumsplader som beklædning af facade eller tag



Klimabelastning



Genbrug af aluminiumsplader i nye bygninger reducerer klimabelastningen med 81% sammenlignet med det typiske scenarie, hvor aluminiumsplader omsmeltes og genanvendes til produktionen af nye plader. Det er antaget, at 90% af udgangsmaterialet kan genbruges, da der vil være et vist spild, når pladerne skal tilpasses til den nye bygning.

Cirkularitet



Der er tale om direkte genbrug, da panelerne bruges uden større ændringer. Værdien af materialet og funktionaliteten som klimaskærm bevares ligeledes.

Modenhed



Der kræves ikke ny teknologi ved denne løsning, da den omfatter de samme processer som udskiftning af beskadede plader. Grundrensning af nedtagne plader er den eneste proces, som ikke udføres i forvejen.

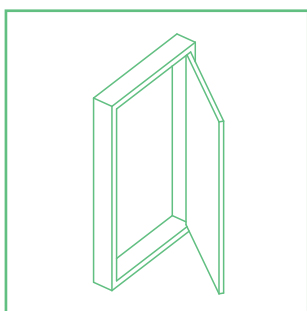
Kredsløbspotentiale



Pladerne kan teknisk set nedtages og genbruges igen. I dette eksempel antages det dog, at aluminiumspladerne efter endt levetid er slidte og bliver omsmeltet til produktion af ny aluminium.



Genbrugte indvendige døre



Døre består af dørblad og karm. Mens dørblade per definition er demonterbare, er afmontering og genmontering af karme af træ mere besværlig.

Klimabelastning



Ved genbrug af døre kan der opnås en besparelse på 80% af klimabelastningen i forhold til produktion af nye døre. Klimabelastningen fra træ er tæt på CO₂-neutral for både genbrugsdør og ny dør. Den primære forskel skyldes derfor, at metalbeslagene kan genbruges, og at de kan betragtes som uden belastning i genbrugsprocessen.

Modenhed



Afmontering og genmontering er standardprocedurer for snedkeren. Der eksisterer allerede et lille marked for genbrugsdøre med karm, dog mest til privat brug. Der kendes ikke til projekter med genbrugsdøre i større skala.

Kredsløbspotentiale



Dørene kan i teorien nedtages og genbruges igen. I dette eksempel antages det dog, at dørene efter endt levetid er nedslidte og sendes til nyttiggørelse og energiproduktion.

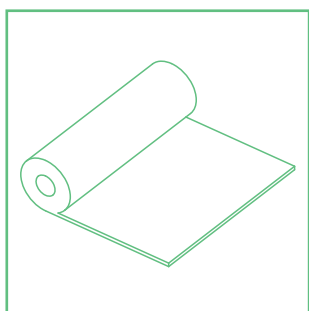
Cirkularitet



Da det meste af døren anvendes i uændret tilstand, er der tale om direkte genbrug.

Eksempler på materialer

Tagpap med andel af genanvendt tagpap



Klimabelastning



Tagpap fremstilles primært af bitumen, plastmaterialer, armering og fyldstof. Bitumen fra tagpap blev traditionelt sendt til deponi. I nyere tid er man dog gået over til at genanvende bitumen til asfaltproduktion og, i mindre grad, i ny tagpap. Ved produktion af tagpap kan en del af bitumen erstattes med sekundær bitumen fra tagpapaffald, som blandes med jomfruelig bitumen fra mineralolieraffinering.

Genanvendelse af 10% tagpap i produktionen af nyt tagpap har en 50% lavere klimabelastning end tagpap uden genanvendt materiale.

Forskellen mellem de to scenarier skyldes kun i mindre omfang en lavere klimabelastning i produktionen. Den største andel af besparelsen genereres ved slutningen af produktets livscyklus.

Her har jomfruelig tagpap en stor klimabelastning ved forbrænding, hvorimod tagpap med genanvendt materiale antages hovedparten genanvendt. Besparelsen ligger altså primært i den undgåede forbrænding når produktet nedrives.

Besparelsen er angivet for tagpap som toplag. Ved tagpap som underlag kan der indgå en større andel tagpapaffald (15%) og besparelsen bliver tilsvarende større (69%).

Modenhed



Genanvendelse af bitumenaffald i produktion af tagpap er en etableret teknologi, men er ikke almindelig for alle producenter og produkter.

Bygherrer kan efterspørge produkter med en given genanvendelsesprocent af gammelt tagpap.

Cirkularitet



Der er tale om genanvendelse, da tagpappen gennemgår en omsmelting og oparbejdning, før den indgår i ny tagpap.

Kredsløbspotentiale



Bitumen kan genanvendes i flere cyklusser på samme måde, som det allerede praktiseres for asfalt til vejbelægning. Derfor antages det i beregningen, at bitumen genanvendes på samme måde ved produktion som ved endt levetid.



Inspirationsliste

I dette kapitel findes der en inspirationsliste over bøger, rapporter, online-matchningsportaler, hjemmesider og links, som giver indblik i cirkulær økonomi og kan bruges, når der arbejdes med salg og køb af brugte byggematerialer.

Bøger og publikationer

Frederiksen, L. K., & Madsen, U. S. (2016). Idekatalog over nye designstrategier for genanvendelse. Hentet fra et innobyg-projekt, innoBYG – innovationsnetværk for bæredygtigt byggeri: <https://issuu.com/www.innobyg.dk/docs/idekatalog>

Lendager. (u.d.). Lendager Up, We cannot predict the future – but we can invent it! Lendager.com. Pixiekatalog

MacArthur, E. (2013). Towards the circular future. Hentet fra Ellen MacArthur Foundation: <https://ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Madsen, U. S. (2018). Idekatalog over nye designstrategier for design for disassembly i præfabrikeret byggeri. Hentet fra Et innobyg-projekt, innoBYG – innovationsnetværk for bæredygtigt byggeri: <https://issuu.com/cinark/docs/idekatalog>

Oberender, A., & Butera, S. (2016). Materialeatlas. Aarhus: Teknologisk institut.
Smith, K. H., Lyng, R. J., & Oberender, A. (2018). Ressourcekortlægning af bygninger. Hentet fra: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/04/978-87-93710-05-4.pdf>

Sørensen, Dall og Oberender, (2019). Cirkulær økonomi – hele vejen rundt i byggebranchen. https://www.teknologisk.dk/_/media/74206_Cirkulaer%20oekonomi%20%20hele%20vejen%20rundt%20i%20byggebranchen.pdf

Online-Matchningsportaler

Genbyg, <https://genbyg.dk/>

- En portal som kan hjælpe nedbrydningsfirmaer med at komme af med materialer og kan hjælpe virksomheder til at finde genbrugsmaterialer

Loop Rocks, <https://www.looprocks.dk/>

- En app som giver et overblik over alt grus, sand, jord og andre fyldmaterialer der er i dit område

Salg af genbrugsbyggermaterialer

Bango, <https://www.bango.dk/>

- Forhandler af vinduer og døre, genbrug, restpartier og overskudsvarer.

Bolius - på denne hjemmeside på bolius profil nogle af de bedste byggermarkeder med brugte byggermaterialer i Danmark. - <https://www.bolius.dk/her-kan-du-koebe-genbrugsmaterialer-10121/>

Brugte mursten, <http://www.brugtemursten.dk/>

Byggermaterialer, <https://www.byggermaterialer.dk/>

- Find produkter og materialer til dit næste byggerprojekt

2ndHandTegl, <http://2ndtegl.dk/>

Gamle mursten, <http://gamlemursten.dk/>

HC genbrug, <http://www.hc-genbyg.dk/>

- Salg af genbrugsmaterialer

JK- Genbrugscenter, <https://jk-genbrugscenter.dk/>

- Salg af genbrugsmateriel til erhverv og privat i hele Danmark Jensen genbrug

Jensen Genbrug, <https://jensengenbrug.dk/>

- Salg af genbrugsmateriale i hele Danmark

Klassiske vinduer, <https://klassiske-vinduer.dk/>

Tegllageret, <http://tegllageret.dk/>

- Genbrugs tagsten, mursten og naturskifer

Viden og information om CØ i byggeri

Byggefakta - <https://www.byggefakta.dk/>

- Byggefakta A/S har leveret projekthinformation til byggeriets aktører siden 1986 og er i dag markedets absolut førende leverandør af information om byggerprojekter. I 2014 blev vi en del af DOCU Nordic, som er markedsledende informationsleverandør i resten af Norden

Byggeinformation, <http://www.byggeinformation.dk/>

- Her findes information om hvem der bygger, hvad der skal bygges, hvor og hvornår

Circularity City, <http://www.circularitycity.dk/rapporter/>

- Adgang til rapporter, casestudier og analyser som beskriver konceptet for cirkulær økonomi

Cirkulær virksomhed, <https://cirkvirk.dk/>

- Hjemmesiden er drevet af rådgivningsfirmaet Viegand Maagøe og fungerer som vidensdelingsplatform for Cirkulær Økonomi med case-katalog, CØ-blogs, værktøjer, gode råd og guides

Ellen McArthur Foundation, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

- Adgang til rapporter, casestudier og analyser som beskriver konceptet for cirkulær økonomi

Godtgjort, <http://www.godtgjort.dk/>

- Et godt eksempel fra Nordjylland, hvor der skabes nye produkter af brugte materialer:

HFB Molio Produktdata, <https://www.hfb.dk>

Matche, <http://www.matche.dk>

- Hjemmesiden er drevet af DTU og fungerer som et screeningsværktøj for virksomheder, der hjælper virksomheder til at vurdere deres eget omstillingspotentiale for C.Ø, omstillingsruter og formidling og deling af viden ang. C.Ø.

Materialeatlas, <https://issuu.com/www.innobyg.dk/docs/materialeatlas>

- Materialeatlas over byggematerialers genbrugs- og genanvendelsespotentiale.

MG:LAB, <https://gi.dk/Publikationer/Milj%C3%B8skadelige%20byggematerialer%20e-bog.pdf>

- er en e-bog der giver let tilgængelig viden om genbrug, genanvendelse, nyttiggørelse, matchning, affaldshierarkiet, miljøskadelige stoffer mv.

Opbygning af Danmark – Gennem nedrivning af tomme bygninger (2018)

- <https://lendager.com/strategi/opbygning-af-danmark-gennem-nedrivning-af-tomme-bygninger/#kontekst>

Produkter til Bæredygtigt byggeri, <https://p-bb.dk>

Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, <https://vcob.dk/genanvendelse/cirkulaer-oekonomi/>

- VCØB samler, udvikler og formidler uvildig og konkret viden om cirkulær økonomi i byggebranchen.

Hos VCØB kan du som bygningsejer, entreprenør, håndværker, rådgiver, arkitekt, producent eller kommune få gratis vejledning om cirkulær økonomi i byggeriet - herunder om håndtering i bygge- og anlægsaffald, miljøfarlige stoffer mulighederne for genbrug og genanvendelse.

Vugge til vugge, <https://vuggetilvugge.dk/english/get-certified/about-cradle-to-cradle-certified/>

- En internationalt anerkendt produktstandard inden for bæredygtighed. Cradle to Cradle standarden bygger på Cradle to Cradle designkonceptet, der er udviklet af den amerikanske arkitekt William McDonough og den tyske kemiker Dr. Michael Braungart

CIRCULARITY
CI